

PROPUESTA PARA LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DEL CULTIVO DE PALMA  
DE ACEITE UBICADO EN LA VEREDA LA LIBERTAD USANDO IMÁGENES DE  
SATELITE.  
MUNICIPIO VILLANUEVA – CASANARE

YUDY EVANGELINA RODRIGUEZ MOJICA

Universidad Nacional abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Bogotá. Colombia

2015

PROPUESTA PARA LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DEL CULTIVO DE PALMA  
DE ACEITE UBICADO EN LA VEREDA LA LIBERTAD USANDO IMÁGENES DE  
SATELITE.

MUNICIPIO VILLANUEVA - CASANARE

YUDY EVANGELINA RODRIGUEZ MOJICA

Proyecto de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniera Ambiental

Director(a):

Ing. LUZ NIDIA GOMEZ LUNA

Línea de Investigación

Gestión, manejo Ambiental y Biotecnología

Universidad nacional abierta y a Distancia UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medioambiente ECAPMA

Bogotá. Colombia

2015

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	3
INDICE DE TABLAS .....	5
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	6
1.INTRODUCCIÓN .....	7
2.JUSTIFICACIÓN .....	9
3.PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA .....	11
4. OBJETIVOS.....	13
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
5. ALCANCE .....	14
6. MARCO REFERENCIAL .....	15
6.1 ANTECEDENTES.....	15
6.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	16
6.3 MARCO TEORICO .....	17
ZONIFICACIÓN AMBIENTAL .....	20
Unidades de zonificación Ambiental: .....	21
Clasificación de la zonificación Ambiental: .....	21
6.4 LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE VIGENTE.....	24
7. METODOLOGIA .....	27
7.1 RECOPIACION DE INFORMACIÓN .....	27
7.2 CARACTERIZACION, DIGITALIZACION Y DEFINICIÓN DE UNIDADES .....	28
7.3 GENERACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS .....	28
7.4 GENERACIÓN DE MAPAS POR COMPONENTE.....	29
7.5 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	30
8. RESULTADOS .....	31
8.1 MAPAS TEMATICOS PARA LA ZONIFICACIÓN .....	33
8.2.1 ZONIFICACIÓN FISICA O ABIOTICA .....	33
8.1.2 ZONIFICACIÓN BIOTICA .....	34
ZONIFICACIÓN AMBIENTAL .....	35
8.1.3 ZONIFICACIÓN SOCIO – ECONOMICA .....	40

8.1.4. ZONAS CON RESTRICCIÓN .....	42
Zonificación manejo ambiental.....	48
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	51
RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.....	53
9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
ANEXOS.....	59
Anexo 1. Mapa 1. Geología .....	59
Anexo 2. Mapa 2. Base Cartográfica .....	60
Anexo 3. Mapa 3. Geomorfología.....	61
Anexo 4. Mapa 4. Clasificación del Suelo .....	62
Anexo 5. Mapa 5. Hidrología.....	63
Anexo 6. Mapa 6. Hidrogeología. ....	64
Anexo 7. Mapa 7. Riesgos y Amenazas .....	65
Anexo 8. Mapa 8. Áreas Ambientalmente frágiles .....	66
Anexo 9. Mapa 9. Ecología del Paisaje.....	67

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Lista de Chequeo Cartografía Base .....	32
Tabla 2 Lista de chequeo Cartografía temática .....	33
Tabla 3 Elementos de componente Abiótico .....	34
Tabla 4 Elementos de componente biótico .....	35
Tabla 5 Elementos de componente Socioeconómico .....	40
Tabla 6 Niveles de sensibilidad según la estabilidad del suelo. ....	45
Tabla 7 Niveles de sensibilidad para el componente hidrológico .....	46
Tabla 8 Niveles de sensibilidad cobertura Vegetal .....	47

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación geográfica vereda La Libertad. ....	16
Ilustración 2 Características de la superficie (firmas espectrales).....	17
Ilustración 3 Unidades de Zonificación de Manejo Ambiental.....	23
Ilustración 4 Normatividad para el desarrollo de la actividad agroindustrial del cultivo de palma de aceite .....	24
Ilustración 5 Combinaciones de bandas propuestas. ....	36
Ilustración 6. Histograma cañón rojo banda 4.....	37
Ilustración 7. Histograma cañón verde banda 5 .....	37
Ilustración 8. Histograma Cañón azul banda 3.....	38
Ilustración 9 Mapa de Uso y cobertura del suelo. ....	39
Ilustración 10. Mapa Zonificación socio – económica.....	41
Ilustración 11. Mapa oferta ambiental con restricción .....	43
Ilustración 12. Mapa Conflictos socio – ambientales.....	44
Ilustración 13. Zonificación ambiental.....	48
Ilustración 14 Mapa Zonificación Manejo Ambiental .....	50

## 1. INTRODUCCIÓN

*“El municipio de Villanueva está ubicado en el sur occidente del departamento de Casanare, en límites con el departamento de Meta en la cuenca de los Llanos Orientales, situado en una zona de transición y que comprende áreas de piedemonte y de llanura, presentando una variada morfología que generan diversidad de formas topográficas bien marcadas como lomas, terrazas, sabanas y valles”.* (IGAC, 2011, p. 21)

Por su variada topografía en el municipio se encuentran diversos tipos de relieve como piedemonte, altiplanicie, lomerío, planicie y valle. Y es precisamente en estos dos últimos tipos de relieve (planicie y valle) en donde se encuentra ubicada la vereda La Libertad donde se centra el desarrollo de este proyecto. (EOT Villanueva, 2009)

La vereda la Libertad hace parte de la Microcuenca caño Cururupa o Cuchillo que se forma por la unión de los caños Cururupa y Cuchillo o Trompillos y otros más pequeños, que finalmente desembocan en el río Túa. Gracias a las propiedades físicas y químicas, los suelos de este sector cuentan con gran variedad de características según su posición topográfica. Lo que hace estos suelos ideales para el desarrollo de actividades agrícolas de cultivos permanentes como la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) por su ubicación (420 msnm) y temperatura 27 °C promedio. (EOT Villanueva, 2009)

El departamento Casanare se encuentra dentro de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional CORPORINOQUIA, que por normativa es quién vigila, controla y administra el buen uso de los recursos naturales y el medio ambiente en la región de los llanos orientales. CORPORINOQUIA, en uso de sus facultades para la protección de medio ambiente ha publicado la Resolución N° 200.41-11-1130 del 22 de Junio de 2011, dicha resolución contiene los términos de referencia con los lineamientos ambientales para los proyectos agroindustriales de palma aceite (*E. guineensis*), donde es requisito presentar un estudio técnico que contenga las Medidas de Manejo Ambiental (MMA), que contienen la descripción del proyecto; caracterización del área de influencia; demanda,

uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales; así como la evaluación, zonificación y programas de manejo ambiental del proyecto.

El presente proyecto de investigación está enfocado en la zonificación ambiental de la zona que comprende el cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*), a partir de la información recopilada en campo y obtenida de la clasificación de bandas de una imagen Landsat, con la cual se determina el uso racional y sustentable del territorio en la vereda La Libertad en forma armónica y el manejo de la oferta de los recursos naturales, de tal manera que sea el adecuado, y que genere la menor afectación posible en los ecosistemas según la normatividad colombiana y así garantizar la sostenibilidad ambiental, económica y social de la región.

Cabe resaltar que la zonificación se realiza a un cultivo de palma ya desarrollado en la zona, por lo cual las recomendaciones que se realizan con el fin de corregir y modificar el uso actual de los recursos naturales con el fin de mitigar el impacto generado por la actividad agroindustrial.



## 2. JUSTIFICACIÓN

La creciente demanda de cultivos agroindustriales en el país ha contribuido al desarrollo económico de las regiones, pero este desarrollo ha traído consigo consecuencias negativas para el medio ambiente.

Dado a que el departamento de Casanare no es ajeno al desarrollo de la actividad agroindustrial y sus consecuencias, se propone la elaboración de la zonificación ambiental en la zona de estudio que permita establecer el uso de los recursos naturales. Dicha zonificación clasifica el suelo según los recursos que allí se encuentran para darle un estatus según la sensibilidad que presente de alto, medio o bajo, realizando un análisis vs las actividades de explotación agroindustrial que allí se realizan y los conflictos de uso del suelo que se generen, con el fin de generar información base que sirva como herramienta que sirva como soporte para la planeación y toma de decisiones con respecto a la explotación de los mismos y que garantice el uso racional recursos en busca de ejecutar un proyecto sostenible económica y ambientalmente.

Para la implementación del cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*) y la posterior producción de aceite extraído de la misma, la corporación autónoma regional del Orinoquia CORPORINOQUIA exige un estudio técnico, (Medidas de Manejo Ambiental) el cual aplica a proyectos forestales, agrícolas y agroindustriales que requieran el uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales; que para su desarrollo requieren la construcción y operación de sistemas de riego y/o drenajes en áreas superiores a 100 Ha e inferiores a 5000 Ha y que para su establecimiento o ejecución requieran drenaje, relleno o desecación de sábanas, que debe contener la zonificación ambiental a partir de datos espaciales que permita obtener la información necesaria para planificar e identificar las zonas sensibles o donde no se podrán desarrollar el proyecto, además de la los impactos ambientales a generar y la realizar la caracterización ambiental de la zonas de estudio todo esto en marco de la resolución 20041111130 del 22 de junio de 2011 la cual define los

criterios regionales para el desarrollo de proyectos forestales, agrícolas y agroindustriales en su jurisdicción.

### 3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

El impacto negativo del cultivo de palma sobre la biodiversidad de una región es un tema especialmente sensible, tanto a nivel nacional como internacional. La expansión del cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*) ha tenido consecuencias negativas para la biodiversidad a nivel global, principalmente como resultado de la destrucción de amplias extensiones de bosques naturales tropicales, como ha sido documentado para Malasia, Indonesia, y Ecuador (Gentry, 1991).

En Colombia los cultivos agroindustriales de palma de aceite se han desarrollado en forma comercial desde la década del 1960. En la actualidad el área cultivada llega a las 365.000 hectáreas y se desarrolla en 105 municipios de 16 departamentos, Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, Guajira, Norte de Bolívar, Córdoba, Urabá antioqueño, Sucre, Santander, Norte de Santander, Sur del Cesar, Sur de Bolívar, Nariño, Cauca, Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá. (FEDEPALMA, 2002). Los cultivos de palma de aceite en Colombia, en gran proporción, se encuentran en tierras que son aptas para la ganadería y cultivos agrícolas, lo que ha disminuido la capacidad de producción de alimentos en las regiones y ha disminuido los ingresos por este concepto. (IGAC, 2002)

A raíz de la creciente demanda de suelo para este tipo de cultivo en particular, el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial desarrolló la “Guía Ambiental para el Subsector de la Palma” que establece: “cuando se presenten áreas de especial importancia estratégica, como relictos de bosques primarios, bosques de vega, bosques de galería, morichales y humedales deben ser objeto de protección”. (FEDEPALMA, 2002)

Con la elaboración de las Medidas de Manejo Ambiental por parte de los cultivadores de palma, CORPORINOQUIA pretende evitar la explotación de las áreas protegidas o de zonas específicas y sin la licencia ambiental correspondiente, el deterioro ecológico, la degradación de los recursos naturales renovables y al medio ambiente; y la

alteración y modificación notoria al paisaje, buscando garantizar el desarrollo sostenible de los municipios que se encuentran en su jurisdicción.

Entonces, si ya existen propuestas de zonificación de usos del suelo por vocación y ocupación elaboradas por entes nacionales especializados como el IGAC, **¿cuál es la importancia de generar una propuesta para elaborar la zonificación ambiental del cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*) ubicado en la vereda La Libertad a partir de imágenes de satélite?**

Aunque existen estudios sobre el uso del suelo, estos son muy generales o no son actuales, por lo tanto, no reflejan la realidad del uso actual de este recurso en la vereda la Libertad. La vocación inicial del suelo para esta zona es forestal y agrícola a pequeña escala, (IGAC, 2002) y en la actualidad la extracción y elaboración de aceite de palma es una actividad agroindustrial que ocupa más del 34% del área de la vereda y que requiere de la explotación de gran cantidad de los recursos naturales de la vereda, limitando así el uso de los mismos para otras actividades propias de los habitantes del sector y degradando en algunos casos los mismos.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Generar una propuesta para elaborar la zonificación ambiental del cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*) ubicado en la vereda La Libertad a partir de imágenes de satélite.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Establecer unidades de manejo a partir de la información de la imagen Landsat, para su uso como insumo base dentro de la clasificación de la información y posterior zonificación que permitan garantizar el uso armónico del territorio con la oferta de recursos naturales de la zona.
- ✓ Identificar la estructura ecológica actual en la zona a partir de su diagnóstico biofísico y socioeconómico
- ✓ Identificar localizar y georreferenciar zonas de protección, conservación y recuperación dentro de la zonificación ambiental propuesta.
- ✓ Generar cartografía temática que permita visualizar la información con el fin de delimitar las características de los componentes bióticos, abióticos y socio – económicos del área de estudio.

## 5. ALCANCE

El área establecida para el desarrollo del trabajo realizado es la contenida en 2640,02 Ha como área de influencia directa de cultivo agroindustrial de palma de aceite (*E. guineensis*), que se encuentran en la vereda la Libertad, municipio Villanueva - Casanare. Esta área hace parte del cultivo de mayor extensión de palma de aceite de la empresa Palmar del Oriente que se desarrolla en las veredas El fical, Caiman bajo y alto y camarga – lechemiel del mismo municipio por los que las características e impacto en la periferia del área de influencia directa son los mismos. La vereda La Libertad cuanta con una extensión de 7684,15 Ha que representan el 9,39% del área rural del municipio que cuenta con 81749,87 Ha.

El presente trabajo proyecto de grado plantea la zonificación ambiental del proyecto agroindustrial de palma de aceite ubicado en la vereda La Libertad del municipio Villanueva - Casanare a través de interpretación de la información obtenida en la visita de campo, la información del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Villanueva, Casanare y la obtenida del análisis de una imagen Landsat 7 TM del año 2012, con el fin de capturar los elementos característicos de la zona que permitan determinar las potencialidades y restricciones del uso del suelo para luego realizar la respectiva identificación de coberturas y espacialización de la información con el software ArcGis 10.2 con el fin de evidenciar los conflictos en el uso del suelo que se presentan en la zona como consecuencia de la implementación de actividades agroindustriales a gran escala y la sobre explotación de recursos naturales, todo esto encaminado a mostrar cómo el uso combinado de herramientas tecnológicas con los conceptos adquiridos en el área ambiental permiten apoyar la toma de decisiones, gestionar de manera ordenada y eficiente el uso de los recursos y planear futuros proyectos de cualquier índole (infraestructura, agroindustriales, etc.) garantizando el uso sostenible a los recursos naturales en cualquier región del país.

## 6. MARCO REFERENCIAL

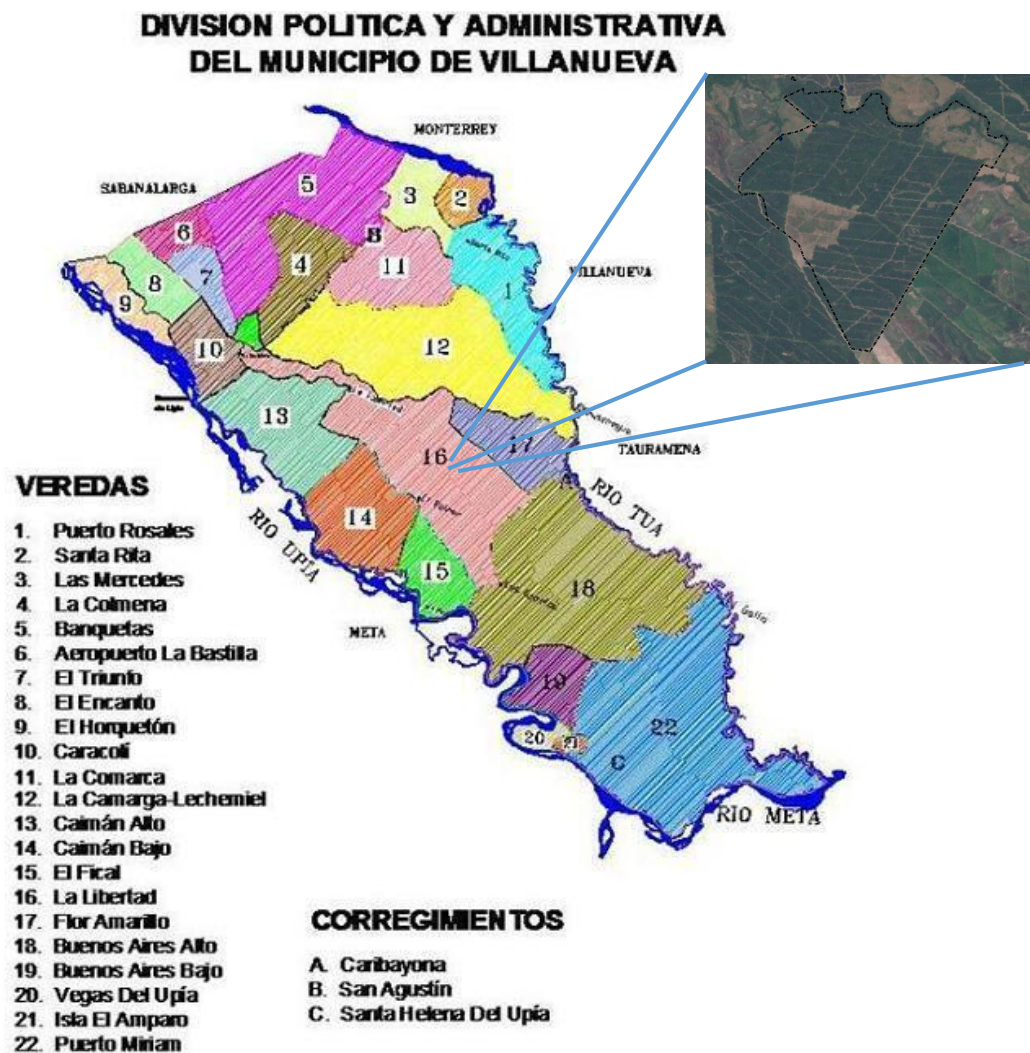
### 6.1 ANTECEDENTES

*La zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca* realizada en el estado de Tabasco, México por (Rivera H. y et al., 2012) es uno de los estudios más recientes en donde se utilizan los sistemas de información geográfica y la interpretación de imágenes de satélite en el sector agroecológico, que determinó las áreas con mayor potencial productivo en el estado y estimar el rendimiento potencial esperado del cultivo de la yuca utilizando la zonificación agro-ecológica (ZAE) propuesto por la FAO para áreas muy aptas y para una situación de alta inversión en condiciones de agricultura de temporal. Adicionalmente (Montoya R, García J. y Padilla J., 2012) lograron determinar el impacto generado por las actividades agrícolas y la ganadería extensiva considerando el uso actual del suelo y el impacto ambiental de la localización de polígonos industriales en Valle Zapotitlan de las Salinas, en Puebla (México), con el uso de IDRISI 3.2.

A nivel nacional y regional se han realizado estudios que han brindado aportes sobre la zonificación ambiental para cultivos, (Henao J, Fajardo A y Cárdenas M., 2010) realizaron la zonificación del área de reserva Forestal del Pacífico, jurisdicción del departamento de Córdoba, para establecer las tendencias de manejo de los recursos naturales, considerando las conflictos de uso del suelo. Dentro del sector palmero (FEDECOCAM, 2012) realizó las “*Medidas de Manejo ambiental para el cultivo agroindustrial de palma aceitera*” en Puerto Páez – Muriva con el fin obtener las zonas aptas a intervenir para el desarrollo de un cultivo de palma aceitera.

## 6.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El área de estudio está ubicada en el municipio de Villanueva, departamento de Casanare y se encuentra incluida en una de las veredas del municipio denominada vereda La Libertad. Limita al norte con las veredas La Camarga – Lechemiel y Flor Amarillo; al sur con Caimán Alto, Caimán Bajo y el Fical; al oriente con Buenos Aires Alto y al occidente con la vereda Caracolí tal como se evidencia en la ilustración 1.



*Ilustración 1 Ubicación geográfica de la vereda la Libertad.*

Fuente: (Gobernacion de Casanare, 2011)

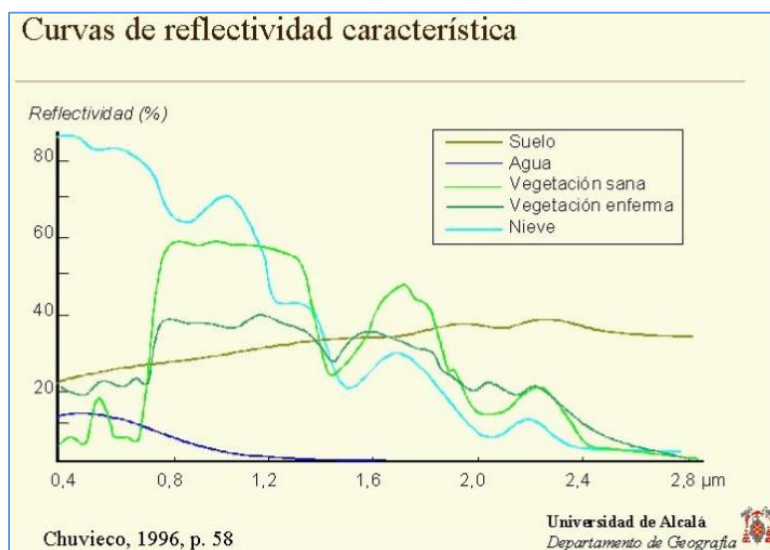


La zona objeto de estudio tiene una superficie de 2640, Ha que representan el 34,36% del área de la vereda la Libertad. Según el PBOT el municipio de Villanueva cuenta con una temperatura promedio de 26,5 °C y se encuentra a 420 msnm.

### 6.3 MARCO TEORICO

La técnica de combinación de bandas, es un proceso que permite realzar las firmas espectrales de una imagen mediante la combinación de cada uno de los canales del rango visible (rojo, verde y azul o red, green and blue, RGB por sus siglas en inglés) para realzar las coberturas de una imagen según su reflectividad y emisividad. En teledetección la reflectividad hace referencia a la relación entre el flujo de luz incidente y el reflejado por la superficie y la emisividad se conoce como la relación entre la emitancia de una superficie y la que despiden un emisor perfecto (cuerpo negro) con la misma temperatura (Chuvieco E., 1996)

Cada superficie tiene una curva de reflectancia diferente como se muestra en la ilustración 2. La curva de reflectancia evidencia la diferencia entre la luz incidente y la luz reflejada para cada superficie, lo que permite determinar el sensor y la combinación de bandas que se seleccionará dependiendo del objeto del estudio. (Chuvieco E., 1996)



*Ilustración 2 Características de la superficie (firmas espectrales)*

Fuente: (Chuvieco E., 1996)

Dependiendo de la cobertura y el fin de cada estudio se realiza una determinada composición de color que permite realzar los colores y delimitar las coberturas. Algunas de las composiciones de bandas más usadas son:

Color verdadero (321), esta combinación es la más cercana a la percepción del ojo humano, las bandas del rango del visible responden a la luz que penetra de manera profunda y ayudan a discriminar los cuerpos de agua poco profundos, por lo cual se utiliza en aguas turbias. En esta combinación el azul oscuro indica aguas de poca profundidad y el claro de profundidad media; la vegetación en los diferentes tonos de verde y el suelo desnudo en tonos amarillos a café.

Falso color (432), Utilizada en realce de vegetación permite diferenciar el estado fitosanitario de una especie. El color rojo magenta representa la vegetación sana y en buen estado, cultivos vigorosos y densos, el rosa evidencia las zonas con vegetación menos densa o de poca edad, las tonalidades blancas a plateadas muestran suelos desnudos o de escasa vegetación con alta reflectividad. En azul oscuro y negro se encuentran los cuerpos de agua (ríos, canales, lagos y lagunas) (Hernandez, Herrero, 2011)

Falso color (453). Esta combinación permite un realce de los límites entre los cuerpos de agua y la tierra, la vegetación se puede discriminar entre tonos marrones, verdes y naranjas. La intensidad del color en la vegetación depende del porcentaje de humedad de la misma, Adicionalmente se evidencia la presencia de cuerpos de agua en azul oscuro y los canales entre parcelas. (Hernandez, Herrero, 2011).

La cartografía digital basada en imágenes de satélite puede ser utilizada para realizar un análisis integral y la definición de unidades de terreno como el caso de la zonificación ambiental. También ha sido utilizada para delimitar áreas de exclusión, intervención y susceptibles de acuerdo a su importancia ambiental, económica y social en proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos utilizando la combinación de métodos de técnicas de evaluación multicriterio (EMC) y Sistemas de Información Geográfica SIG. (Perpiña et Al., 2012)

Las técnicas de evaluación multicriterio (EMC) proponen integrar los criterios a utilizar en una matriz que permite asociar el criterio a alternativas y asociar una puntuación (Aceves Quesada et Al, 2006)

Para la evaluación de los criterios a manejar en la zonificación ambiental se utilizaron las variables establecidas en la Guía ambiental de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. Esta información se utilizó como insumo base para la valoración e interpretación de la información y además del uso de los sistemas de información geográfica, permitiendo que la información de la cartografía base y temática (con los criterios escogidos), se someta a operaciones de clasificación, sobre posición, interpolación, unión, delimitación y aislamientos. (Aceves Quesada et Al, 2006), por lo anterior, gracias a la combinación de métodos de EMC y la cartografía digital se obtiene el modelo de zonificación ambiental.

Es de recalcar que en la Guía ambiental de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia no se define la zonificación ambiental, por lo cual se ha determinado utilizar la definición de la Guía Metodológica para la Zonificación Ambiental de Áreas de Interés Exploratorio de Ecopetrol que cita *“el producto de la descripción y caracterización ambiental de un área determinada, mediante la cual se obtiene una síntesis del diagnóstico realizado en la línea base del estudio y una visión global de las condiciones de los ecosistemas y recursos naturales que se encuentran allí”*. Para la zonificación ambiental la guía anteriormente mencionada realiza la superposición de los mapas temáticos obtenidos de la caracterización ambiental.

Los siguientes mapas son requeridos por la Corporación Autónoma Regional CORPORINOQUIA para la adjudicación de la licencia ambiental para la ejecución de proyectos agroindustriales de palma de aceite. (CORPORINOQUIA, 2011)

1. Mapa de Geología
2. Mapa Base cartográfica
3. Mapa Geomorfología
4. Mapa Clasificación de suelos

5. Mapa Hidrología
6. Mapa Hidrogeología
7. Mapa Riesgos y Amenazas
8. Mapa Áreas Ambientalmente frágiles
9. Mapa Cobertura el suelo
10. Mapa Ecología del Paisaje
11. Mapa Caracterización socioeconómica
12. Mapa Oferta ambiental con restricción
13. Mapa conflictos socio ambientales
14. Mapa Zonificación ambiental

## ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La zonificación ambiental es la base para determinar el uso sostenible y racional del territorio, de una forma armónica entre quienes lo habitan y la oferta de los recursos naturales del mismo. (Maskmato, 2012)

Inicialmente se realiza una caracterización ambiental que se utiliza como línea base para el desarrollo de la zonificación ambiental, en donde se documenta las condiciones ambientales existentes en la zona de interés, mediante la realización de una evaluación ecológica que permite conocer la situación actual de elementos como fauna, vegetación existente, características fisicoquímicas y biológicas de aguas y suelos, tipos de coberturas naturales e introducidas (infraestructura) e identificación de áreas frágiles. (Montoya A., 2010)

Posteriormente, para la elaboración de la zonificación se tiene en cuenta la aplicación de criterios basados en aspectos de interés ambiental permitiendo identificar áreas homogéneas que presentan diferentes grados de vulnerabilidad frente a las actividades antrópicas que se desarrollan y que alteran la dinámica natural de la región.

Existen además otros aspectos, como la sensibilidad del entorno natural desde el punto de vista ecológico que pueden afectar la estabilidad o funcionamiento de los ecosistemas. Estos pueden afectar factores como su extensión ya sea por destrucción o

fragmentación; perturbación por ruido y agentes contaminantes (descargas de vertimientos, emisiones de material particulado y gases entre otras).

Luego de realizar el análisis biótico y abiótico, se analiza el riesgo para la población que implica la explotación de los recursos de la zona, al ejecutarse el proyecto agroindustrial pueden presentarse desestabilización de vertientes, alteración hidráulica de las corrientes (que a su vez puede traducirse en deslizamientos, inundaciones), cambios en las características del aire (gases o material particulado) que causen problemas respiratorios o del agua (contaminación física o química) que afecten su potabilidad. (Consortio Integral, 2007)

Finalmente luego de todos los análisis anteriormente descritos se realiza el cruce de los mapas de componente biótico, abiótico y socioeconómico.

#### Unidades de zonificación Ambiental:

Son cada una de las unidades en las que se divide el territorio en estudio basándose en los criterios ambientales de la zona. Dichos criterios se fundamentan en las características biofísicas y socioeconómicas con el fin de garantizar la dinámica natural de la zona y el flujo adecuado de bienes y servicios ambientales.

Para realizar la zonificación ambiental se deben tener en cuenta aspectos como la ecología del paisaje, estructura ecológica principal, de uso y conflictos del suelo y condición de uso actual y evaluación de tierras. (FEDECOCAM, 2012)

Las principales unidades que se han definido según las condiciones generales encontradas son:

#### *Clasificación de la zonificación Ambiental:*

La confluencia de factores y las unidades de zonificación ambiental definen la clasificación de la zonificación ambiental en una escala alta – media – baja con relación a la importancia ambiental que se presenta. (Consortio Integral, 2007)

### *Sensibilidad ambiental alta*

Corresponde a zonas montañosas o con alta pendiente, generalmente se presentan procesos erosivos severos. Igualmente entran en esta clasificación los cuerpos de agua (nacaderos y drenajes naturales) ya que son de alta importancia ambiental. (Consortio Integral, 2007)

### *Sensibilidad ambiental media*

Corresponde a terrenos con pendiente moderada o fuerte y que no presentan procesos erosivos agresivos. A esta clasificación también pertenecen las rondas de los cuerpos de agua. (Consortio Integral, 2007)

### *Sensibilidad ambiental baja*

Son terrenos de baja pendiente, definidos en su mayoría por depósitos aluviales con bajo grado de erosión o por zonas de afloramientos rocosos de buenas condiciones geotécnicas. (Consortio Integral, 2007)

### *Zonas de conservación:*

Son zonas que han permanecido inalteradas a través del tiempo, en las cuales se encuentra vegetación natural propia de la zona. Son consideradas como frágiles ya que son susceptibles a la explotación agrícola y posterior modificación. Son priorizadas por su alta biodiversidad biótica. (J.Henao, 2008)

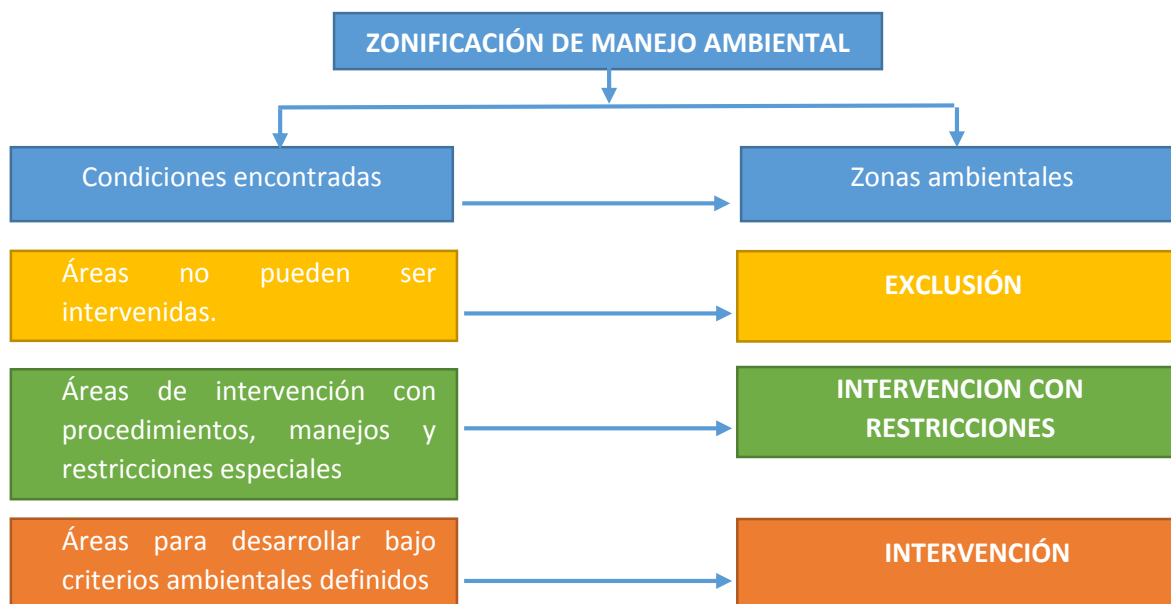
Pueden encontrarse allí además, especies amenazadas o en vía de extinción por lo que generalmente son declaradas como áreas naturales protegidas por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) (J.Henao, 2008)

### *Zonificación de manejo ambiental*

Posterior a la zonificación ambiental se realiza la zonificación de manejo ambiental de la zona que según EMGESA S.A, 2008 pág. 28 “Corresponde a la orientación para el ordenamiento y planificación de las actividades en el área de influencia directa del proyecto mediante manejos acordes con la clasificación resultante de esta zonificación”.

La clasificación de la zonificación de manejo ambiental se realiza con base en las actividades del proyecto y las medidas de manejo a adoptar teniendo en cuenta las áreas

afectadas por dichas actividades. La Ilustración 3 describe la clasificación más usual utilizada en la zonificación del manejo ambiental.



*Ilustración 3 Unidades de Zonificación de Manejo Ambiental*

Adaptado de “Resolución 20041111130 de 2011 de CORPORINOQUIA”

*Zonas de exclusión:*

“Áreas que no pueden ser intervenidas por las actividades del proyecto. Se considera que el criterio de exclusión está relacionado con la fragilidad del ecosistema, la baja capacidad de resiliencia de los medios a ser afectados, y el carácter de áreas con régimen especial de acuerdo a la normatividad ambiental vigente”. Pág. 27 (CORPORINOQUIA, 2011)

*Zonas de intervención con restricciones:*

“Áreas en las que se puede realizar actividades con procedimientos, manejos y restricciones especiales acordes con las características ambientales, la funcionalidad

socioambiental de las zonas, y los impactos ambientales identificados para las distintas actividades y etapas del proyecto”. Pág.27 (CORPORINOQUIA, 2011)

#### *Zonas de intervención:*

Áreas en las que se pueden realizar todas las actividades propias del proyecto siguiendo los criterios ambientales establecidos en el artículo 2 del presente acto administrativo. Pág 27 (CORPORINOQUIA, 2011)

### 6.4 LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE VIGENTE

Las leyes relacionadas con el sub sector palmero que aplican para este proyecto son:



*Ilustración 4 Normatividad para el desarrollo de la actividad agroindustrial del cultivo de palma de aceite*  
Adaptado de “Guía ambiental sub sector palmero”



Dentro de las áreas de manejo especial contenidas el en decreto 2811 de 1974 y el decreto 1728 de 2002 se encuentran:

- Sistema de Parques Nacionales Naturales
- Reservas Forestales Protectoras
- Reservas Forestales Ley 2
- Áreas Protectoras-Productoras
- Reservas de la Sociedad Civil
- Distritos de Manejo Integrado
- Distritos de Conservación de Suelos
- Áreas de protección declaradas por los municipios y departamentos
- Área natural única
- Áreas Amortiguadoras de parques nacionales debidamente reglamentadas
- Nacimientos de agua
- Paramos
- Humedales Ramsar

Adicionalmente existen otros documentos para mejorar la producción agropecuaria en el país desde el punto de vista ambiental como la Política nacional de producción más limpia aprobada por el Consejo Nacional Ambiental en 1997 y la Política Nacional de sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos para el sistema de medidas sanitarias y fitosanitarias correspondiente al CONPES 3375 de 2005.

Así mismo para la elaboración de la zonificación ambiental deben tenerse en cuenta otras normas que aunque no hacen referencia exclusiva al tema ambiental generan algunas restricciones para el uso del suelo como:

- Plan(es) de Ordenamiento Territorial y/o Esquema(s) de Ordenamiento del municipio o de los municipios de los cuales es jurisdicción.
- Planes de Gestión Ambiental Regional -PGAR, elaborados por las Corporaciones Autónomas Regionales

- Planes de Ordenamiento Ambiental de las cuencas hidrográficas (realizados en cumplimiento del Decreto. 1729/02)
- Áreas de Resguardos indígenas.
- Áreas de Interés Arqueológico.
- Áreas de Consejos Comunitarios de Poblaciones Afro-Colombianas.
- Áreas de proyectos hidroeléctricos.

## 7. METODOLOGIA

La metodología utilizada para realizar la zonificación ambiental del área de estudio se basa en la utilizada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi para la zonificación agroecológico de Colombia que involucra factores determinantes del aprovechamiento del uso adecuado del suelo como geología, geomorfología, clima, hidrografía, edafología y unidades del paisaje existentes en la zona. (IGAC, 2002)

A continuación se describe la metodología utilizada durante el desarrollo del proyecto.

### 7.1 RECOPIACION DE INFORMACIÓN

En la etapa de diagnóstico se realizó una identificación de puntos de foto control fácilmente identificables en la visita de campo y que permitan determinar los elementos característicos de la zona y los elementos determinantes que inciden o modifican el ambiente natural de la misma, como vegetación nativa, topografía, clima, existencia de nacederos y cuerpos de agua naturales entre otros. La recopilación de información incluye la captura de información con equipos GPS Garmin Montana 650 para la toma de datos en coordenadas planas de puntos de especial interés como cuerpos de agua (nacimientos, quebradas, etc.), construcciones y vías.

Adicionalmente se realizó la recopilación de la cartografía base utilizando la información de las planchas escala 1:25000 del IGAC para la zona y de la cartografía temática de la zona de estudio. (Vereda La Libertad) de fuentes como Plan básico de Ordenamiento territorial y POMCA del río Upía.

## 7.2 CARACTERIZACION, DIGITALIZACION Y DEFINICIÓN DE UNIDADES

Una vez recopilada la información se realizó la caracterización ambiental de la zona de estudio para determinar la clasificación de la tierra de acuerdo con su capacidad de uso utilizando la metodología del IGAC 1993. Dicha metodología permite clasificar el área de estudio en zonas homogéneas que presentan características similares con el fin de obtener los insumos para la elaboración de la zonificación y la cartografía temática.

Una vez definida la zona de estudio se digitaliza toda la información recopilada en formato shape de las fuentes primarias y secundarias de información con coordenadas planas Magna Sirgas origen Bogotá que es el sistema de referencia para Colombia con las siguientes características:

Datúm: MAGNA-SIRGAS

Origen: Bogotá, Colombia

Proyección: Transverse Mercator

Falso este: 1000000,00000000

Falso Norte: 1000000,00000000

Meridiano Central: -74,07750792

Factor de escala: 1,00000000

Latitud Origen: 4,59620042

Unidad Lineal: Metros

## 7.3 GENERACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS

Los mapas temáticos predefinidos corresponden a geología, geomorfología, suelos, hidrología, hidrogeología y riesgos y amenazas para el componente físico o abiótico. La información de estos componentes fue digitalizada del Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Villanueva y el POMCA de río Upía.

A través del análisis de la información mediante el procesamiento digital de imágenes se definió las áreas ambientalmente frágiles, uso y cobertura del suelo y ecología

del paisaje y se seleccionó la combinación de bandas RGB de la imagen landsat. Esta técnica permite utilizar las bandas del rojo, verde y azul para discriminar las diferentes coberturas del suelo según su reflectancia y emisividad. Para el análisis de las coberturas se realiza una observación detallada de los histogramas y las firmas espectrales por banda utilizando el software ArcGis, así mismo se utiliza la información recopilada en la visita de campo y la cartografía del POMCA.

Finalmente la información del componente socioeconómico hace referencia a la infraestructura productiva que se encuentra en la zona como la red de canales y zonas productivas o parcelas del cultivo de palma de aceite

#### 7.4 GENERACIÓN DE MAPAS POR COMPONENTE

Una vez elaborados los mapas temáticos se elaboran los mapas por componente, para ello se realiza la sumatoria de los mapas anteriormente descritos para los tres componentes como se relaciona a continuación

- Componente físico o abiótico= unión de los mapas de {geología, geomorfología, suelos, hidrogeología, hidrología, riesgos y amenazas}
- Componente biótico = unión de los mapas de {uso y cobertura del suelo, áreas ambientalmente frágiles, ecología del paisaje}
- Componente socioeconómico = unión de los mapas de {áreas productivas - infraestructura}

Para la elaboración de los mapas por componentes se utilizó la función intersect del Analysis Tools en ArcGis 10.1 que permite realizar la superposición de las capas geográficas con el fin de integrar la información de cada componente.

## 7.5 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y ANALISIS DE RESULTADOS

Para la elaboración de la zonificación ambiental se tiene en cuenta los criterios de sensibilidad alta, media y baja discriminando el área por tipo de cobertura, área sensible y porcentaje de ocupación con respecto al área de estudio.

La zonificación constituye la base la determinar el uso racional de los recursos, por ello se debe realizar un análisis la distribución de los recursos con respecto al uso actual del suelo para ello se tienen en cuenta factores como cercanía a cuerpos naturales de agua, las posibles afectaciones a la vegetación nativa y ecosistemas sensibles; así mismo se consideran factores relevantes como las zonas de reserva de parques naturales y páramos y las zonas socioculturales de reserva por grupos étnicos como indígenas y negritudes o zonas de protección arqueológica entre otros que limitan el uso del suelo. Finalmente luego de la espacialización de cada una de las zonas se determinan las áreas para la zonificación de manejo ambiental. Estas áreas delimitan las zonas de exclusión, que presentan alguna restricción y las que finalmente pueden ser intervenidas por la actividad agroindustrial del cultivo de palma de aceite.

## 8. RESULTADOS

Una vez aplicada de la metodología anteriormente descrita se obtuvo la siguiente información:

1. Para la elaboración de la cartografía base como drenajes, cuerpos de agua, curvas de nivel, vías, construcciones se utilizó la información de las planchas IGAC 149 I A,B,C y D en escala 1:25.000.
2. La cartografía de diagnóstico y formulación del Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Villanueva 2009 permitió obtener la información temática correspondiente a la geología, geomorfología, suelos, riesgos y amenazas.
3. Información POMCA del río Upía: aportó información temática de apoyo a la información del EOT e información adicional como hidrología e hidrogeología.
4. Imagen Satelital Landsat 7 TM del año 2012 con 6 bandas, utilizada para actualizar la información de la cartografía básica de las planchas IGAC ya que éstas son del año 1966. Así mismo la imagen es el insumo base para la elaboración del mapa de cobertura utilizando clasificación de bandas. Para la posterior zonificación ambiental.

Adicionalmente se utilizaron otras fuentes de información como el mapa geológico de Colombia del Servicio Geológico Nacional de municipio de Villanueva escala 1:100.000, mapa Parques Nacionales de Colombia, mapa Reservas Forestales, mapa Áreas Indígenas en Colombia, mapa Áreas Negritudes en Colombia, mapa General de Ecosistemas en Colombia, insumo para identificar las áreas de reserva y las restricciones legales del uso del suelo que existen en la zona.

Luego de la verificación de la información de las fuentes primarias y secundarias se realizó una lista de chequeo para verificar la existencia, estado y sistema de referencia de la información. Para la información de la cartografía base elaboró una lista de chequeo inicial la cual está descrita en la tabla 1.

*Tabla 1 Lista de Chequeo Cartografía Base*

INFORMACION BASE						
ARCHIVO	TIPO DE ARCHIVO	SISTEMA COORDENADAS			DESCRIPCION	VERIFICACION EN CAMPO
		TIPO	ORIGEN	DATUM		
MUNICIPIO	Shp	Planas	Bogotá	Magna – Sirgas	Delimitación de municipio	NO
VEREDAS	Shp	Planas	Bogotá	Magna – Sirgas	Delimitación de las veredas	SI
PREDIOS	Shp	Planas	Bogotá	Magna – Sirgas	Ubicación del predio	SI
VIAS	Shp	Planas	Bogotá	Magna – Sirgas	Ubicación de las vías de acceso a la vereda	SI
CURVAS DE NIVEL	Pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Curvas de nivel casa 25 metros	NO
DRENAJES	Pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Red de drenajes y caños del área de estudio	SI
CUERPOS DE AGUA	Pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Coordenada de ubicación de los cuerpos de agua	SI

Adicionalmente, en la tabla 2 se presenta una lista de chequeo que describe el estado de la información temática.



Tabla 2 Lista de chequeo Cartografía temática

INFORMACION BASE						
ARCHIVO	TIPO DE ARCHIVO	SISTEMA COORDENADAS			DESCRIPCION	VERIFICACION EN CAMPO
		TIPO	ORIGEN	DATUM		
GEOMORFOLOGIA	Pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Geomorfología de la zona	NO
GEOLOGIA	Pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Geología de la zona	NO
SUELOS	Pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Tipo de suelos en la zona	NO
HIDROLOGIA	Pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Hidrología de la zona de estudio	NO
HIDROGEOLOGIA	Pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Hidrogeología de la zona de estudio	NO
AREAS SENSIBLES	Pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Áreas ambientalmente frágiles	SI
COBERTURA DEL SUELO	pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Tipo de cobertura del suelo	SI
CALIDAD DE VIDA	pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Calidad de vida (alta, media, baja)	SI
TENENCIA DE TIERRA	pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Tipo de tenencia de tierra en la zona	NO
ZONAS DE VIDA	pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Distribución de las zonas de vida en la vereda la libertad	NO
PENDIENTES	pdf	Planas	Bogotá	Bogotá	Variación de las pendientes en la zona	NO

## 8.1 MAPAS TEMATICOS PARA LA ZONIFICACIÓN

### 8.2.1 ZONIFICACIÓN FISICA O ABIOTICA

Como se menciona en el título 6.3, la zonificación del componente físico se requiere contar con la información de cada una de las variables de los componentes. La descripción de las variables con las que cuenta cada componente se describe en la tabla 3.

*Tabla 3 Elementos de componente Abiótico*

COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	CRITERIO
ABIOTICO	GEOLOGIA	Historia geológica
		Estratigrafía
		Geología estructural
		Evolución tectónica
		Estilo estructural
		Geología económica
	GEOMORFOLOGIA	Unidades geomorfológicas
		Morfo dinámica
		Procesos geomorfológicos
	HIDROLOGÍA	Red de drenajes en la zona de estudio
	HIDROGEOLOGIA	Potencial de formaciones hacia profundidad.
		Carácter de unidades rocosas
		Hidrogeología superficial
		Importancia hidrogeológica.
	EDAFOLOGIA	Clasificación de suelos del departamento
		Usos del suelo
	RIESGOS Y AMENAZAS	Zonas de riesgo natural

*Fuente: Resolución No. 200.41-11-1130. CORPORINOQUIA*

La información recopilada de estos componentes es fundamental en la zonificación ambiental ya que se convierten en herramienta clave para determinar las características físicas generales del territorio. Adicionalmente aportan información valiosa para planear el uso potencial y sostenible de los recursos que allí se encuentran. (Ver anexos 1 al 6)

### 8.1.2 ZONIFICACIÓN BIOTICA

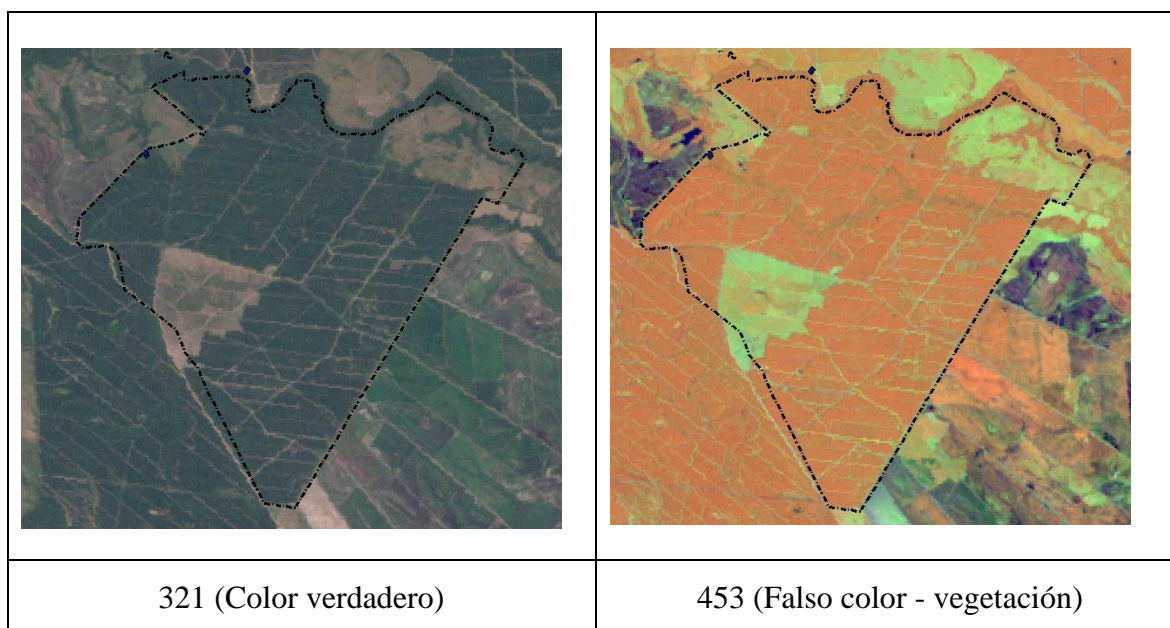
Para esta zonificación se tiene en cuenta variables como uso y cobertura del suelo, áreas ambientalmente frágiles y ecología del paisaje. Para evaluar dichas variables se tiene en cuenta la zonificación de la cobertura del suelo según la clasificación de la tabla 4. (Ver anexos 7 al 9)


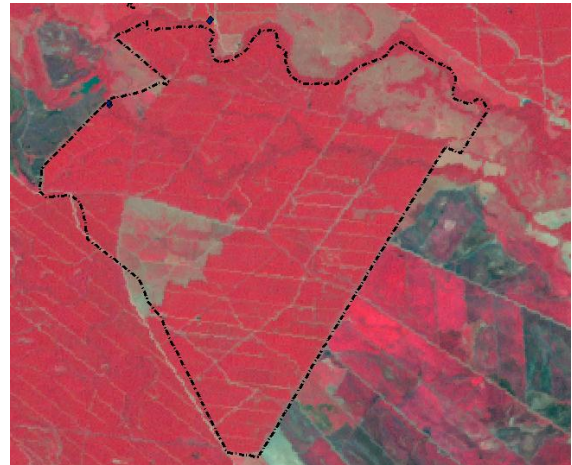
*Tabla 4 Elementos de componente biótico*

COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	CRITERIO
BIÓTICO	FLORA	Ecología del paisaje
		Uso y cobertura del suelo
	FAUNA	Taxonomía de las especies de la zona
		Hidrobiología. Áreas ambientalmente frágiles

## ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

El mapa de uso y cobertura del suelo es el insumo base para la elaboración de la zonificación ambiental. Para la elaboración de este mapa se realizaron pruebas de combinación de las bandas rojo, verde y azul de la imagen Landsat del año 2012 para determinar cuál permitía mayor discriminación del tipo de cobertura que tiene el suelo en cada sector, este trabajo se realizó utilizando el software ArcGis en su versión 10.2 con el fin de analizar visualmente la imagen para obtener un primer acercamiento a la información física de la zona. La combinación de bandas ayudó a discriminar las coberturas por textura, de esta forma se diferenciaron los cultivos, vegetación nativa, cuerpos de agua y la red de canales existentes en la zona. Los resultados se evidencian en la ilustración 5.

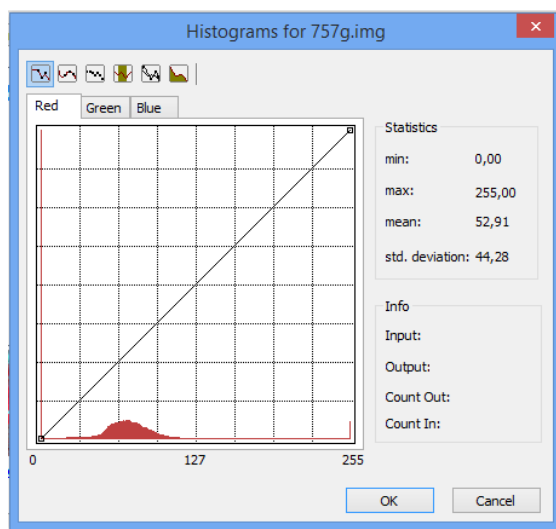


	
652 (Agricultura)	432 (Falso color)

*Ilustración 5 Combinaciones de bandas propuestas.*

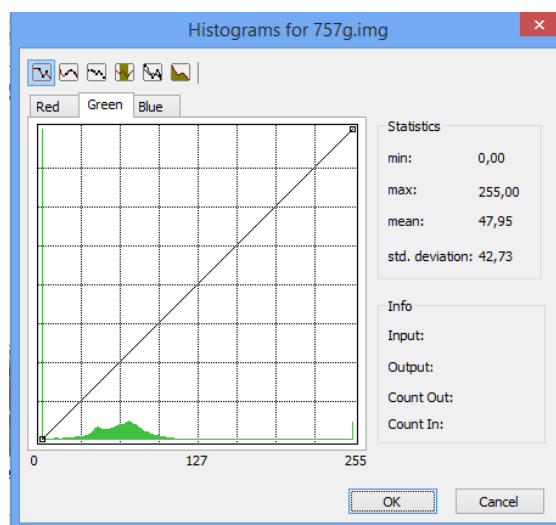
Las composiciones que muestran información más relevante sobre la cobertura del suelo son las composiciones 652 y 453. La composición 652 permite diferenciar claramente las parcelas de cultivo de palma y la vegetación de los cuerpos de agua, mientras que la combinación 453 presenta mayor contraste de las respuestas espectrales que se traduce en mayor variabilidad y diversidad de color permitiendo una mejor interpretación visual de la zona y los relictos de vegetación, mientras que las combinaciones 321 y 432 no aportan mayor información al estudio.

Para la selección de la combinación de bandas a utilizar se realizó una clasificación unibanda de las firmas espectrales (histogramas) de las combinaciones preseleccionadas. Estos presentan información numérica que sirve como sustento para el análisis en el procesamiento digital de imágenes. En las ilustraciones 6, 7 y 8 se encuentran los histogramas de la combinación de bandas seleccionada 453 con su respectivo análisis.



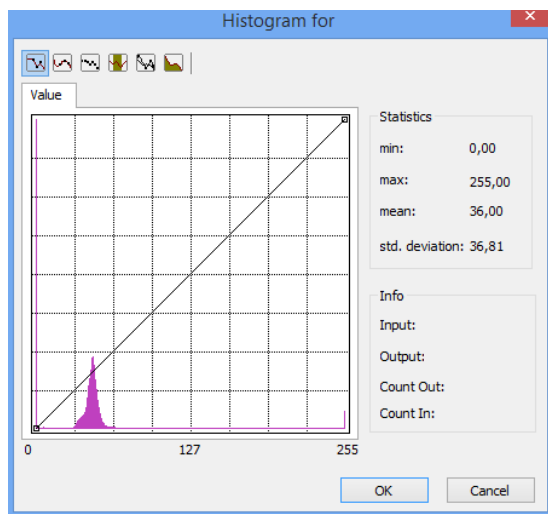
*Ilustración 6. Histograma cañón rojo banda 4*

Para el cañón del rojo se seleccionó una banda del infrarrojo (4): Los datos se presentan con una distribución homogénea con forma de campana de Gauss una mayor distribución entre 0 y 127 en los niveles de gris, buscando resaltar los pixeles con información de vegetación densa y natural.



*Ilustración 7. Histograma cañón verde banda 5*

Para el cañón del verde se seleccionó una banda del infrarrojo (5): Los datos se presentan con una distribución bimodal con una mayor distribución entre 0 y 127 en los niveles de gris, dado a que es una banda que destaca la vegetación la tendencia de los datos destaca en tonos oscuros los pixeles donde se encuentra mayor porcentaje de humedad en los alvos resaltados por el cañón rojo.



*Ilustración 8. Histograma Cañón azul banda 3*

Para el cañón del verde se seleccionó una banda del rango del visible (3): Los datos se presentan con una distribución normal. La combinación de esta banda permite la discriminación de construcciones, carreteras y suelos desnudos y lugares desprovistos de vegetación por su poca reflectancia lo que hace que estas coberturas sean opacas.

Luego de realizar las pruebas se determinó que la combinación 453 responde de mejor manera a los requerimientos del proyecto ya que esta combinación permite un realce de la cobertura de la vegetación en la zona de estudio permitiendo discriminar las parcelas del cultivo de otro tipo de vegetación natural. La vegetación natural se evidencia en color verde, mientras que las parcelas de cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*) se muestran en diferentes tonos de naranja dependiendo del porcentaje de humedad, adicionalmente en tono verde claro se evidencia la presencia de una especie de palma de aceite híbrido que se está probando en la región.



Luego de la clasificación del suelo según la tonalidad presente en la combinación de bandas se elaboró en mapa de uso y cobertura del suelo que contiene la información detallada de los tipos de cobertura encontrados y el área que abarca cada una en la zona de estudio como se muestra en la ilustración 9.

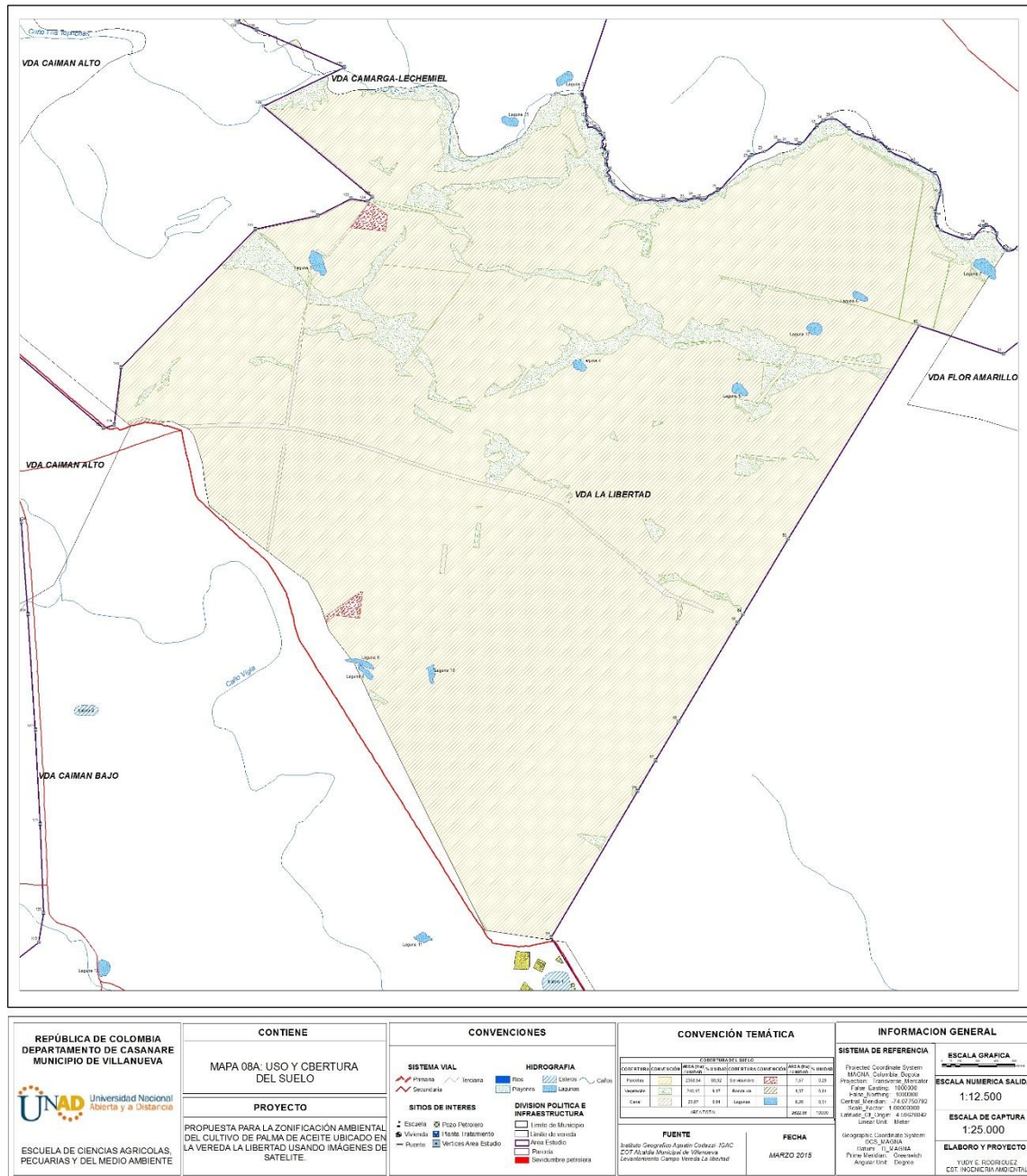


Ilustración 9 Mapa de Uso y cobertura del suelo.

En el mapa se detalla que el mayor porcentaje de la cobertura del área de estudio está cubierta por parcelas cultivadas con palma de aceite (*E. guineensis*) en menor medida se encuentra vegetación natural, cuerpos de agua canales y ronda de la vía.

### 8.1.3 ZONIFICACIÓN SOCIO – ECONOMICA

Para la zonificación socio - económica se deben considerar factores como infraestructura de servicios públicos, vial y dotacional. La tabla 5 evidencia la composición del componente socio económico en términos de estructura e infraestructura con la que cuenta la zona y los criterios a considerar.

*Tabla 5 Elementos de componente Socioeconómico*

COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	CRITERIO
SOCIO ECONOMICO	ESTRUCTURA DE LOS SERVICIOS	Servicios públicos
		Servicios sociales
	INFRAESTRUCTURA DOTACIONAL	Colegios, hospitales, comedores comunitarios
	INFRAESTRUCTURA VIAL	Vías intermunicipales

La caracterización socio económica permite determinar las zonas del proyecto donde se pueden presentar conflictos en el uso del suelo, asociados a la disponibilidad del recurso hídrico, presencia de asentamientos urbanos y los usos permitidos en POT. Para la zona de estudio no existen conflictos del uso del suelo, para este caso el mapa de la zonificación socio – económica contiene la información de la red de canales y parcelas introducidas en la zona. En la ilustración 10, Mapa de zonificación socio económico se evidencia una pobreza en la infraestructura vial dentro del área del cultivo, las vías existentes más cercanas son las veredales que conectan las veredas La libertad con Caimán Bajo, El Fical y Flor amarillo. Para la zona de estudio no existe infraestructura vial ni dotacional por lo que se toma como estructura la red de canales que abastecen de agua el cultivo.



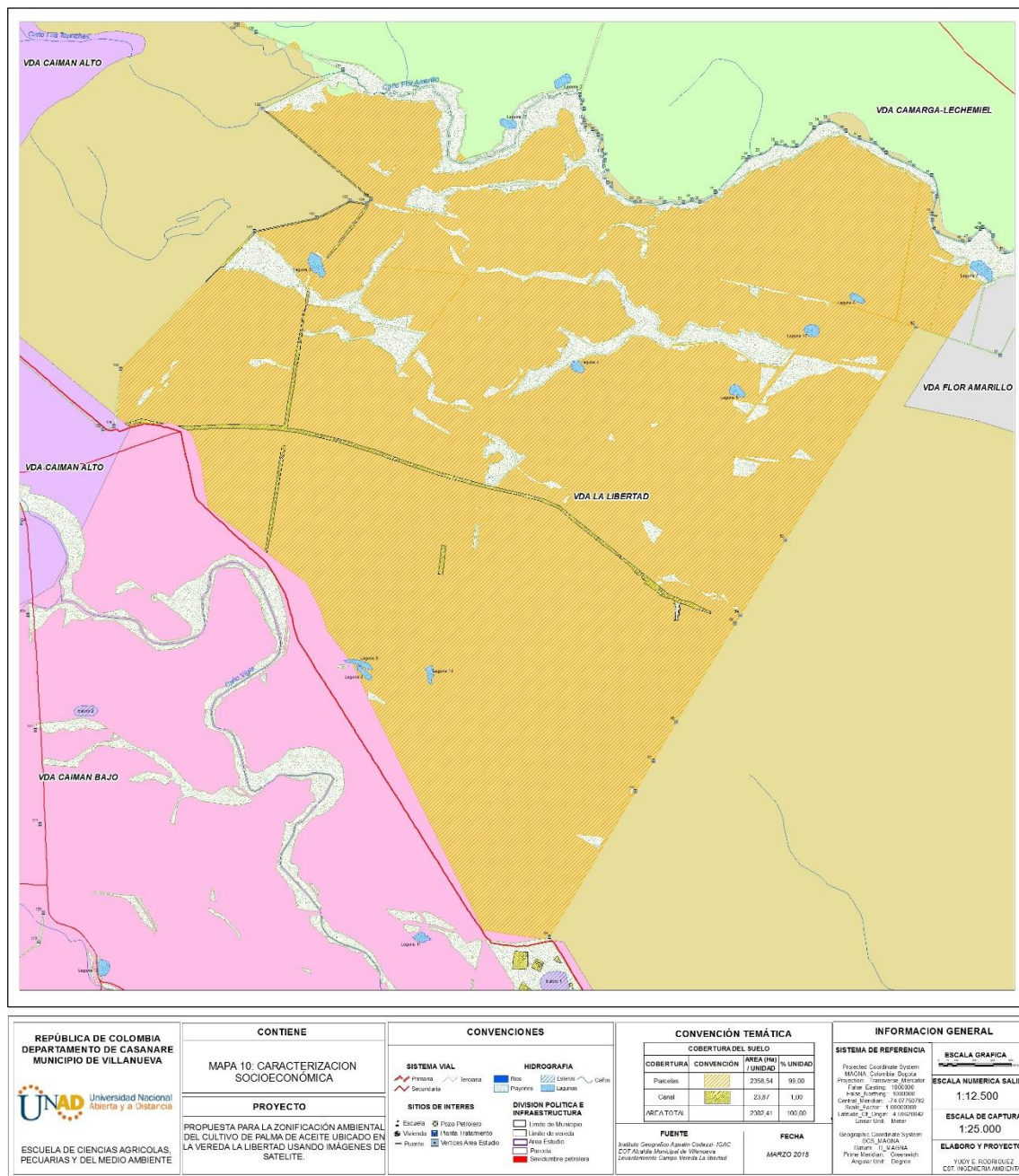


Ilustración 10. Mapa Zonificación socio – económica.

#### 8.1.4. ZONAS CON RESTRICCIÓN

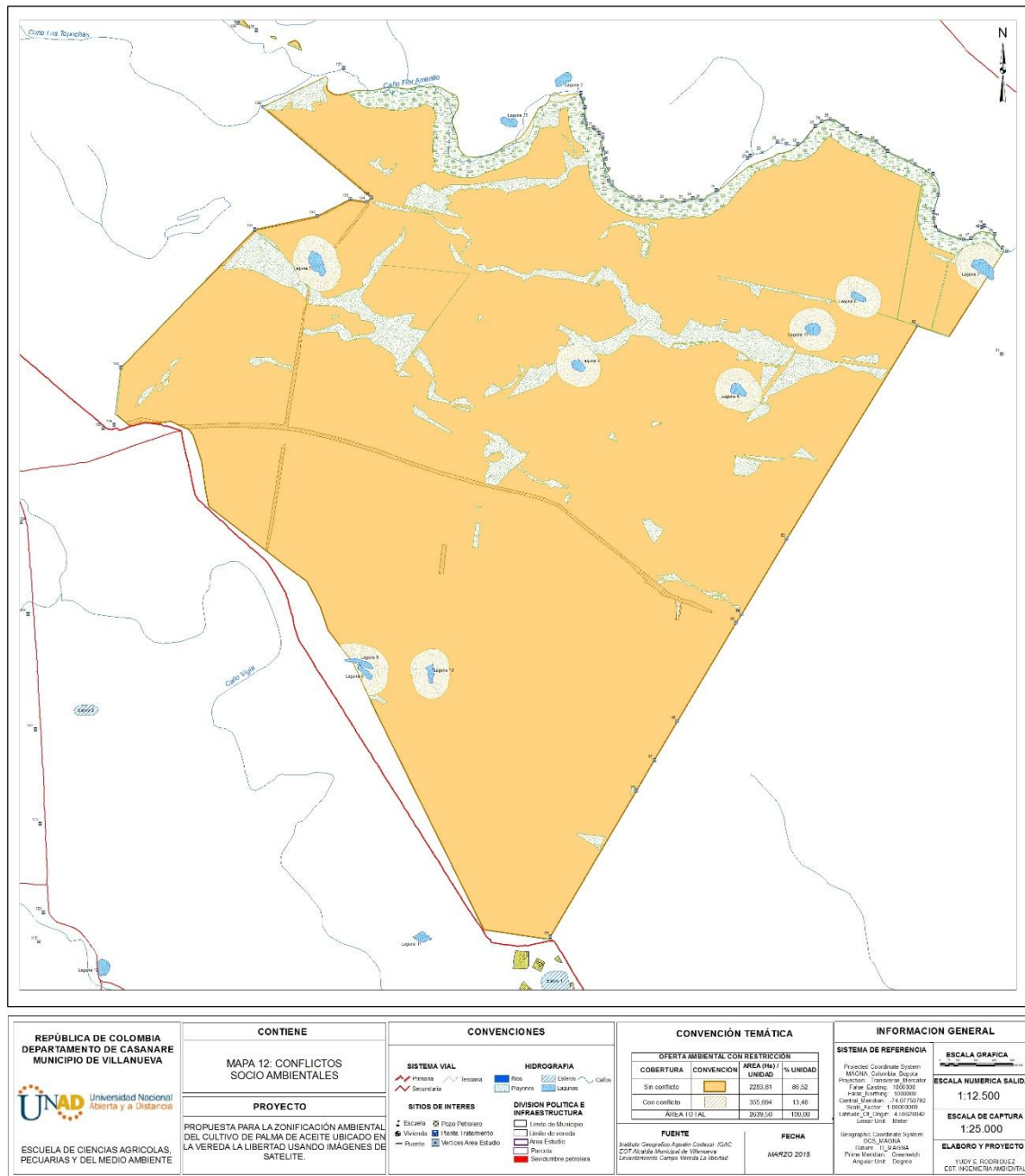
- Oferta ambiental con restricción: El mapa de oferta ambiental con restricción tiene en cuenta las limitaciones por áreas protegidas que se presentan en la zona. Dichas áreas están contenidas en el decreto 2811 de 1974 y el decreto 1728 de 2002 donde se encuentra definido el Sistema de Parques Nacionales Naturales, las Reservas Forestales Protectoras, y nacimientos de agua.

Para el caso del área donde se ubica el cultivo de palma africana (*E. guineensis*) a pesar de la pobreza del suelo no existe ningún tipo de zona de reserva o limitación al uso del mismo según (IGAC, Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia, 2002), o de los recursos con respecto al área ambiental, excepto las zonas de ronda establecidas por el EOT del municipio para los cuerpos de agua, caño flor amarillo para. La distribución de las restricciones al uso del suelo en los cuerpos de agua se evidencia en la ilustración 11 en la página 41, en el mapa de oferta ambiental con restricción.

Conflictos socio ambientales: Los conflictos socio ambientales son los conflictos que se encontrados por el uso actual vs vocación o uso potencial del suelo en la zona de estudio. El EOT del municipio de Villanueva no presenta ninguna restricción con respecto al uso agroindustrial del suelo en la vereda la Libertad, sin embargo para el caso de estudio se considera la red de drenajes como una zona de conflicto por el uso que se hace del recurso hídrico en la zona para el mantenimiento del cultivo. Dicha distribución se encuentra espacializada en la ilustración 12 en la página 42, en el mapa de conflictos socio - ambientales.







*Ilustración 12. Mapa Conflictos socio – ambientales.*

Para la zonificación ambiental inicialmente se realizó la evaluación de la sensibilidad por componente. Para el componente biótico se tomaron como base variables tales como la estabilidad del terreno, hidrología, hidrogeología. La estabilidad del terreno

y la pendiente se evalúan de la información geológica y geomorfológica de la zona según la clasificación de la tabla 6:

*Tabla 6 Niveles de sensibilidad según la estabilidad del suelo.*

<b>SENSIBILIDAD</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
ALTA	Baja estabilidad
MEDIA	Moderada o media estabilidad
BAJA	Alta estabilidad

Dado a que la zona corresponde a una planicie con pendientes de 0 al 15% se estima que la estabilidad es alta por lo tanto la sensibilidad por este criterio es baja. Aunque el cultivo se encuentra ubicado en una llanura inundable, éste cuenta con un sistema de zanjas para el drenaje por escorrentía de aguas lluvias lo que permite dar estabilidad al terreno en época de invierno. Adicionalmente el caño flor amarillo no representa una amenaza para la estabilidad del suelo debido a que su cauce se encuentra alejado del área del cultivo. Es importante resaltar que el suelo de la zona de estudio es de la clase Oxisol, caracterizado por suelos pobres en nutrientes y materia orgánica, pero con alta concentración de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. La clasificación litológica para este tipo de suelos es de sedimentos aluviales finos. (IGAC, 2015). Adicionalmente por el tipo de actividad agroindustrial, se presenta acidificación del suelo en la zona ya que este tipo de cultivo genera la remoción de grandes cantidades de nutrientes y minerales como calcio, magnesio y potasio, ya que por la absorción de cationes se liberan iones de hidrógeno que permiten mantener el equilibrio reduciendo el nivel del pH. (Centro de Investigaciones Agronómicas, 2001)

Con respecto al componente hidrológico se evidencia la presencia de cuerpos de agua que facilitan el drenaje de aguas superficiales y regulan la dinámica hídrica de la zona con respecto a la calidad y disponibilidad del recurso. Para ello se realizó una clasificación que evalúa la presencia de cuerpos de agua lenticos y loticos tal como se relaciona en la tabla 7

*Tabla 7 Niveles de sensibilidad para el componente hidrológico*

<b>SENSIBILIDAD</b>	<b>TIPO DE ECOSISTEMA</b>	<b>DESCRIPCION DE LA SENSIBILIDAD</b>
ALTA	Cuerpos de agua lenticos	Afectación al sistema acuático cerrado difícilmente compensable o mitigable. Periodos largos de recuperación
MEDIA	Cuerpos de agua menores y drenajes intermitentes	Hacen parte de la dinámica hídrica de la zona de estudio. Caño flor amarillo
BAJA	Cuerpos de agua secundarios	Cuerpos de agua con origen antrópico poco susceptibles a la intervención humana

Para el componente hidrogeológico se considera la sensibilidad Media, ya que aunque en la zona de estudio se encuentra en una llanura inundable, se encuentra al norte de la plantación el caño flor amarillo que hace parte de la cuenca del río Túa que desemboca en el río Upía y cruza de occidente a oriente las parcelas de cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*), la presencia de las parcelas respeta en parte la ronda del caño y los demás cuerpos de agua (reservorios) que se encuentran en la zona son introducidos por el hombre con fines netamente agroindustriales. Es importante resaltar que estos reservorios sirven como espejos de agua para especies de aves migratorias como las garzas, adicionalmente se encuentra herpetofauna propia de la región.

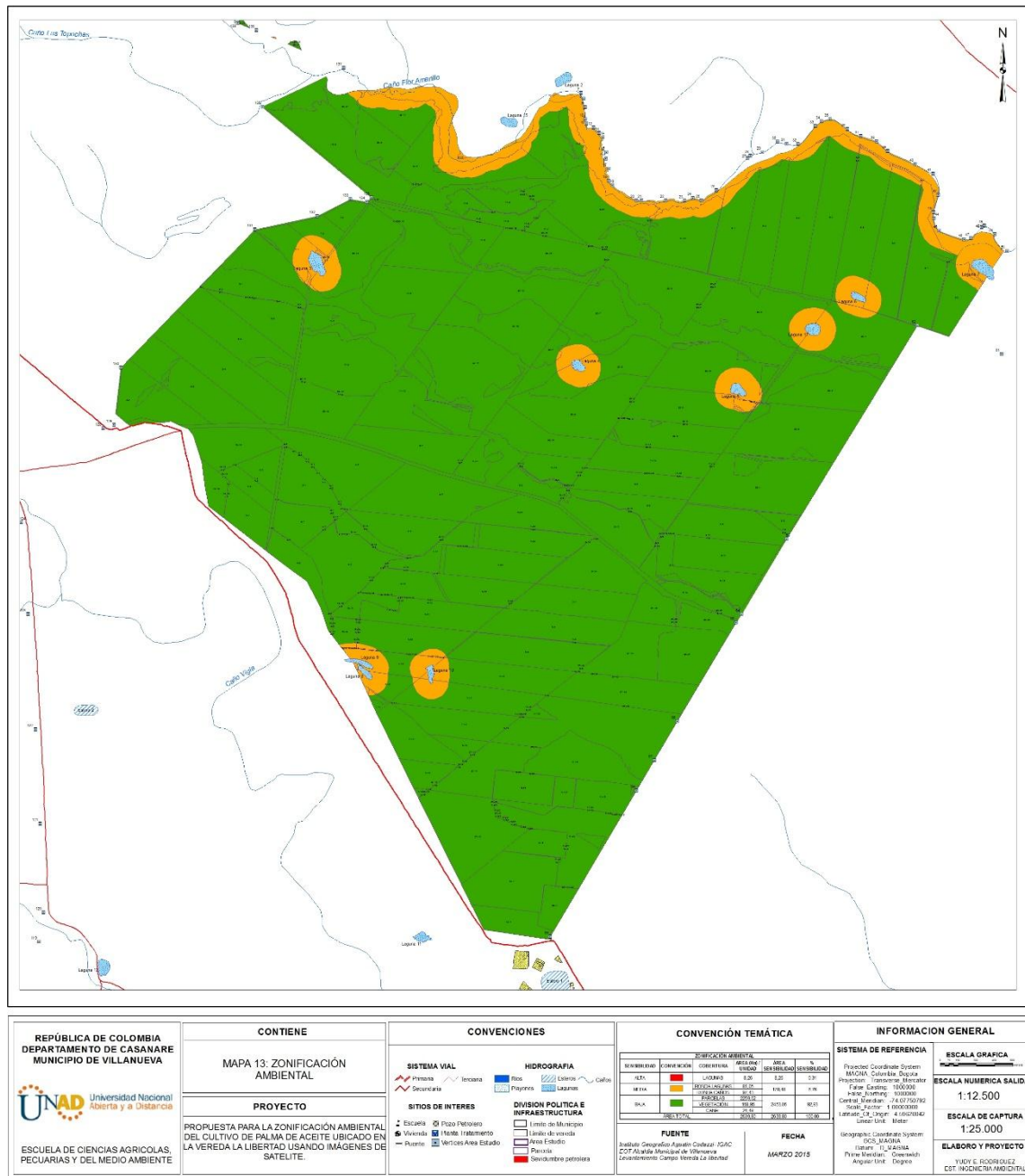
Finalmente para la evaluación de la hidrogeología se evidencia que no existen formaciones hidrogeológicas que alto interés para el almacenamiento de aguas subterráneas, tampoco se cuenta con nacimientos de agua naturales por lo que para esta variable la sensibilidad es baja.

Para la zonificación del componente biótico se realizó una jerarquización de la cobertura vegetal tomando como referencia la tabla 8.

*Tabla 8 Niveles de sensibilidad cobertura Vegetal*

<b>SENSIBILIDAD</b>	<b>TIPO DE ECOSISTEMA</b>	<b>DESCRIPCION DE LA SENSIBILIDAD</b>
ALTA	Vegetación natural	Compuesta por árboles, arbustos, y palmas nativos adaptadas a las inundaciones, regulan el cauce y el flujo del agua además de los procesos de escorrentía.
MEDIA	Pastos manejados y rastrojo.	Vegetación baja donde predominan elementos herbáceos arbustivos y gramíneas
BAJA	Cultivos	Parcelas de cultivos de palma de aceite

Luego del cruce de información de los componentes biótico y abiótico evidencian que no existen zonas con sensibilidad alta, para las rondas de los cuerpos de agua y las zonas con vegetación nativa se definió la sensibilidad media mientras que las parcelas con el cultivo de palma de aceite presentan sensibilidad baja con el mayor porcentaje de ocupación tal como se evidencia en la ilustración 13 en la página 44, Mapa de zonificación ambiental.



*Ilustración 13. Zonificación ambiental*

### Zonificación manejo ambiental.

Luego de realizar la zonificación ambiental se realiza la clasificación del suelo según el manejo que se pueda dar para evitar los conflictos de uso del mismo. Para este



caso se realizó la clasificación para zonas excluidas, estas hacen referencia a los cuerpos de agua presentes en la zona de estudio. Las zonas de exclusión no pueden ser objeto de ningún tipo de intervención. Posteriormente se utilizó la denominación con restricción, esta clasificación hace referencia a zonas que presentan restricciones ambientales o legales para su utilización, en este caso las rondas de caños y lagunas y finalmente la clasificación de zonas de intervención que son las zonas que son aptas para el desarrollo de la actividad agroindustrial como se evidencia en la ilustración 14.



## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La vocación del suelo según la zonificación del mismo elaborada por el Instituto geográfico Agustín Codazzi en el año 2002 es agrícola. Aunque el uso actual que se da al suelo de la vereda La Libertad no contradice del todo la vocación dada por el IGAC las áreas de uso sostenible que quedan en la zona disponibles cada vez son menores. El cultivo de palma de aceite es la principal actividad económica del municipio de Villanueva, razón por la cual el 95% del suelo con vocación agrícola es usado en la misma. (EOT Villanueva, 2009)

Por lo anterior, el cultivo de palma africana y beneficio del fruto para la obtención de aceite es una actividad agroindustrial que tiene gran incidencia en la demanda de recursos naturales en Villanueva, la explotación del suelo y el consumo de agua son los más notorios. No obstante a que las condiciones climáticas y de relieve en esta zona son ideales para este tipo de actividades es importante realizar una planeación adecuada para el uso sostenible de estos recursos evitando su sobre explotación y degradación. (Henao J, Fajardo A y Cárdenas M., 2010) El uso de herramientas SIG e información de las imágenes de satélite permite en este caso, realizar una adecuada identificación y espacialización de los recursos garantizando que se optimice su uso y minimizando el impacto ambiental que se pueda generar del desarrollo de la actividad. (Montoya A., 2010)

Al desarrollar el presente proyecto, se evidenció que en el país existen estudios con respecto al uso del suelo en el departamento de Casanare a escala 1:100.000, lo que hace que los mismos sean muy generales. Adicionalmente los últimos estudios realizados datan del año 2003 y no son actuales, por lo tanto, no son acordes con el uso actual del suelo en la vereda la Libertad. Según el (IGAC, 2002), la vocación inicial del suelo para esta zona es forestal y agrícola a pequeña escala, y en la actualidad la extracción y elaboración de aceite de palma es una actividad agroindustrial que ocupa más del 34% del área de la vereda y que requiere de la explotación de gran cantidad de los recursos naturales, limitando así el uso de los

mismos para otras actividades propias de los habitantes del sector y degradando en algunos casos los mismos.

Además de lo anterior, también se comprobó que en el presente no existen estudios específicos como referente frente al conflicto de uso del suelo en la zona, por esta razón, éste proyecto aporta criterios de diagnóstico, evaluación y clasificación basados en la metodología propuesta por el IGAC en el 2002 para la generación de una zonificación, aclarando que se tomó este documento como insumo base ya que es el único oficial de este tipo. (IGAC, 2002). Es importante resaltar que la zonificación se realizó utilizando los estándares de información cartográfica para Colombia y el sistema de referencia nacional que garantiza la integración y compatibilidad de la misma con demás estudios y proyectos adelantados en el país sobre el tema. (Montoya R, García J. y Padilla J., 2012)

Finalmente, luego de realizar el diagnóstico y clasificación de la información recopilada, se propone realizar una zonificación ambiental en el cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*) ubicado en la vereda la Libertad, con el fin de identificar los recursos naturales y socio culturales existentes y el uso actual de los mismos para determinar la forma correcta de utilizarlos y generar un uso racional y adecuado de los mismo con el fin de garantizar el desarrollo sostenible en la zona y que no afecte a los habitantes del sector. Así mismo se propone incentivar investigación para este tipo de proyectos ya que el sector agropecuario y minero energético representa cerca de un 60% de la economía (PIB) del país (Banco de la República, 2014).

Si bien en el 2009 el entidades como el CIAT y el PNUD presentaron las posibles efectos que monocultivos como el de palma de aceite (*E. guineensis*) pueden tener en el cambio climático, y en posibles modificaciones de temperatura, salinidad, y cambio de microfauna del suelo que puede implicar efectos negativos en los índices productivos de este tipo de cultivo; a 2015 las prácticas de manejo de estos cultivos no han evidenciado medidas de adaptación (Ramírez J, 2009).

## RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

- La estandarización cartográfica de la información para la elaboración de la zonificación ambiental en proyectos agroindustriales, permite efectuar una espacialización real de la zona, identificar los recursos con los que cuenta, y realizar una correcta planeación y ejecución del proyecto.
- El uso conjunto de imágenes de satélite y software SIG constituyen una herramienta que ayuda en la planeación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de garantizar la sostenibilidad ambiental de los mismos paralela al desarrollo socio económico de las regiones.
- El proyecto agroindustrial de palma de aceite que se desarrolla en la vereda la Libertad se encuentra ubicado en una zona con gran disponibilidad de recursos, sus suelos son aptos para el cultivo de palma africana y luego de realizar la zonificación ambiental se evidencia que el impacto al medio ambiente es medio bajo.
- La norma exige que para realizar la zonificación se elabore un mapa de ecología del paisaje, finalmente se determina que no corresponde a un mapa de ecología del paisaje ya que no se establecen las unidades fisiográficas ni elementos que determinen la misma, por lo que se concluye que el mapa que pide la norma es un mapa de cobertura del suelo enfocado al componente biótico.
- Aunque la zona cuenta con gran disponibilidad del recurso hídrico ya que la atraviesan varios caños, se crearon lagunas artificiales por parte de los dueños del cultivo y una serie de canales que garantizan la distribución eficiente del recurso en toda la zona.

- En el área de estudio no se encuentran zonas con restricción legal por ser parte de reservas forestales o áreas protegidas aunque si existen cuerpos de agua naturales los cuales cuentan con una ronda de 30m según el EOT del municipio, por lo que se recomienda mantener al margen de la zona las parcelas de cultivo y preservar y conservar la ronda de los caños.
- La zona no cuenta con construcciones como viviendas, escuelas, centros poblados o infraestructura institucional en el área de influencia directa del cultivo que se vea afectada por el desarrollo de la actividad. Sin embargo gracias a la actividad que se desarrolla en la zona el cultivo de palma africana y el proceso de beneficio del fruto brindan cerca del 80% del trabajo para los habitantes del municipio. Adicionalmente cerca de la zona del cultivo se encuentra la escuela Los Libertadores y cuenta con vías transitables durante todo el año.
- La falta de estudios detallados y actuales sobre el uso del suelo en el país es una limitante a la hora de planear y ejecutar proyectos agroindustriales en cualquier región. El desconocimiento que ha existido durante años de los recursos naturales que se encuentran en la zona a intervenir y su adecuada explotación han contribuido a la degradación masivo de los mismos y por consiguiente del medio ambiente, afectando la calidad de vida de las comunidades vecinas a las áreas de influencia del proyecto.
- Se recomienda realizar análisis de calidad en los cuerpos de agua que se encuentran en el área de estudio, con el fin de identificar las posibles modificaciones a parámetros como color, pH, turbidez entre otros, que se puedan presentar por el desarrollo de la actividad agroindustrial. Estos análisis se deben realizar en los puntos de captación y descarga que se encuentran en la zona ya que los ríos Túa y Upía son los afluentes que finalmente reciben los vertimientos por escorrentía centralizados en el sistema de zanjás que se encuentran en el cultivo
- Debido a la presencia de reservorios en la zona de estudio, donde se encuentra herpetofauna y especies de aves migratorias, se recomienda realizar acciones encaminadas a la conservación de la biota propia de la región.

- Si bien es cierto que el conflicto del uso del suelo no se presenta de acuerdo con la caracterización del (IGAC, 2002), se considera que la información de German Márquez de los distritos biogeográficos en el departamento de Casanare según la cual la región de la Orinoquía se encuentra parcialmente intervenida y cuenta con un índice medio de sostenibilidad es evidencia de que si existe un conflicto que no se ha evidenciado oficialmente y que debe ser tenido en cuenta, ya que aunque esta situación es relativamente buena considerando que el nivel de transformación en el resto del mundo es del 51%, la degradación del recurso va en aumento según se va incrementando la demanda del suelo en la región para la implementación de cultivos agroindustriales.
- Finalmente se recomienda realizar estudios que permitan establecer el impacto del cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*) en el suelo y su impacto en la acidificación y desertificación del mismo

## 9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceves Quesada et Al. (2006). Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México.
- Aronoff. (1989). *Geographic Information Systems: A*.
- Banco de la República. (2014). *Sectores más representativos de la economía*.
- Burrough - McDonnell. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*.
- Burrough P. (1986). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*.
- Centro de Investigaciones Agronómicas, U. (2001). *Fertilidad de Suelos y Manejo de la Nutrición de Cultivos en Costa Rica*.
- Chuvieco E. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial*.
- Congreso de la República de Colombia. (1973). Ley 23.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 101.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 101.
- Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley 138*.
- Congreso de la República de Colombia. (1996). *Ley 336*.
- Congreso de la República de Colombia. (1996). Ley 79.
- Congreso de la República de Colombia. (1997). Ley 373.
- Congreso de la República de Colombia. (1997). Ley 388.
- Congreso de la República de Colombia. (1998). *Ley 430*.
- Congreso de la República de Colombia. (1999). *Ley 491*.
- Congreso de la República de Colombia. (2003). *Ley 822*.
- Congreso de la República de Colombia. (2004). Ley 939.
- Congreso de la República de Colombia. (2005). *Ley 1333*.
- Congreso de la República de Colombia. (2007). Ley 1152.
- Congreso de la República de Colombia. (2008). *Ley 1252*.

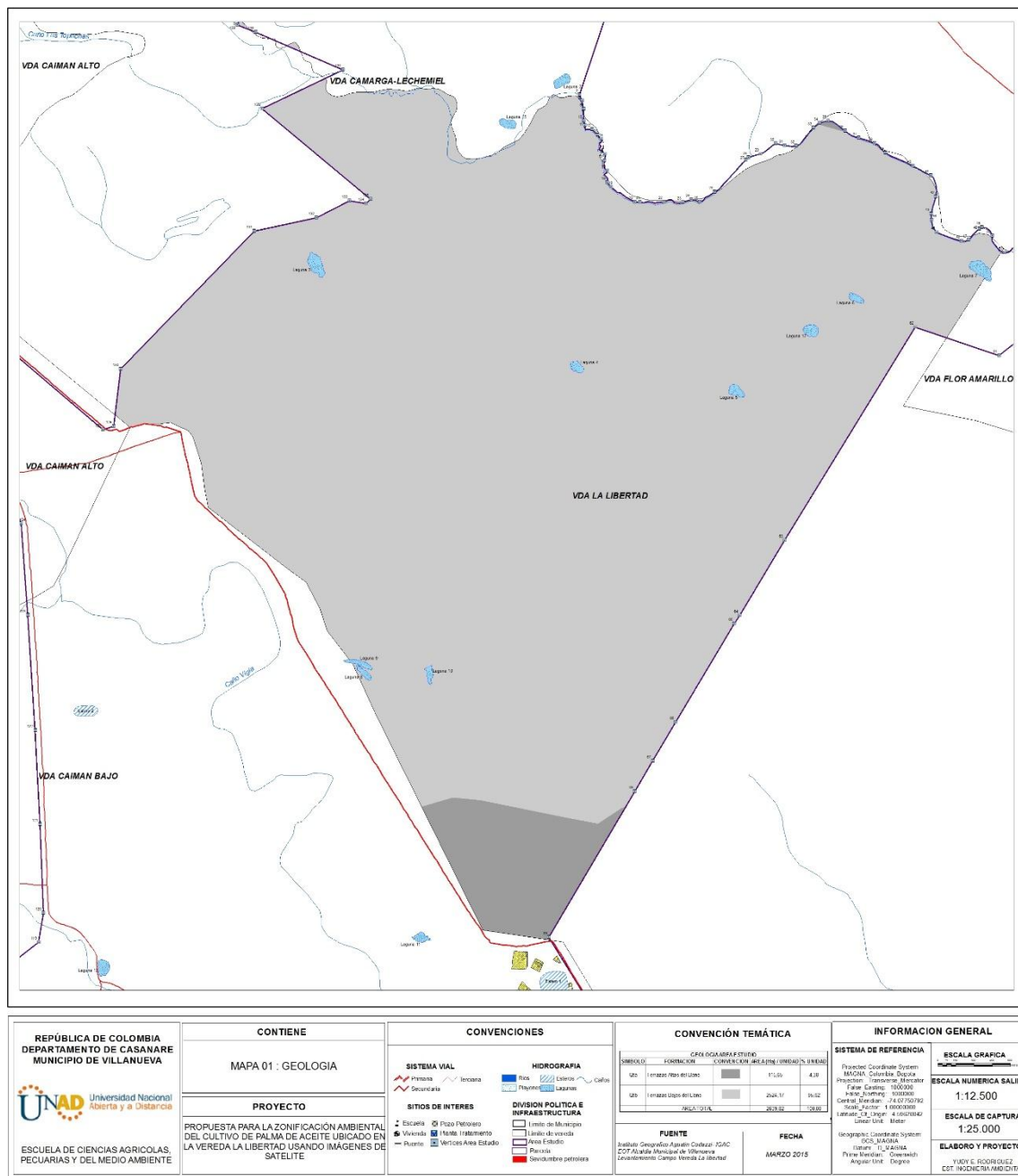


- Consortio Integral. (2007). *Estudio de impacto ambiental, hidroeléctrica pescado Ituango. Zonificación ambiental. Municipio Ituango departamento de Antioquia.*
- CORPORINOQUIA. (2011). *Resolución No. 200.41-11-1130.*
- Dueker K. (1979). *Land resource information systems: a review of fifteen years experience, Geo-Processing.*
- EMGESA S.A E.S.P. (2008). *Estudi de impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo.*
- EOT Villanueva. (2009). *Esquema de Ordenamiento territorial Villanueva, Casanare.*
- FEDECOCAM. (2012).
- FEDECOCAM. (2012). *Medidas de manejo ambiental para el cultivo agroindustrial de palma aceitera Puerto Paez – Muriva.*
- FEDEPALMA. (2002). *Guía Ambiental para el subsector de la Agroindustria de la Palma de Aceite.*
- Gentry, D. (1991). *Biological extinction in western Ecuador.*
- Gobernacion de Casanare. (2011). *Mapas Municipios.*
- Henao J, Fajardo A y Cárdenas M. (2010). *Zonificación ambiental de la zona de reserva forestal del pacífico en jurisdicción del departamento de córdoba, caribe colombiano.*
- Hernandez, Herrero. (2011). *Análisis visual de las imágenes obtenidas del sensor ETM+, Satélite Landsat.*
- IGAC. (2002). *Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia.*
- IGAC. (2011). *Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica. Tema 1. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica.*
- IGAC. (2011). *Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica. Tema 2. Generalidades de los Sistemas de Información Geográfica.*
- IGAC. (2011). *Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica. Tema 2. Generalidades de los Sistemas de Información Geográfica.*
- IGAC. (2015). *Estudio General de suelos y Zonificación de Tierras. Departamento de Casanare.*
- J.Henao. (2008). *ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DE LA ZONA DE RESERVA FORESTAL DEL PACÍFICO EN JURISDICCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, CARIBE COLOMBIANO. Colombia Forestal Vol 11.*
- Márquez G. (2000). *Vegetación, población y huella ecológica como indicadores de sostenibilidad para Colombia.*

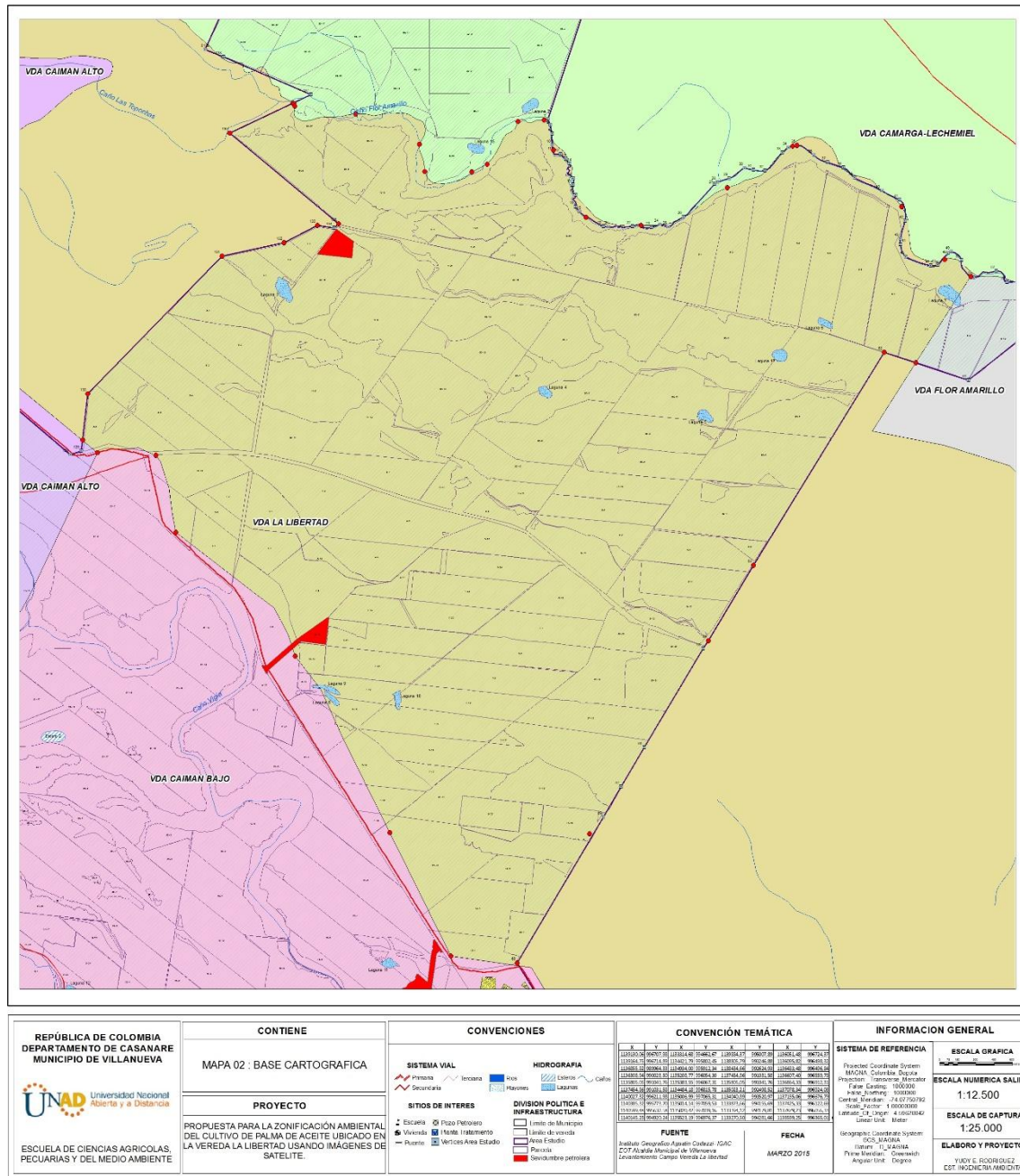
- Márquez G. (2010). *Zonificación Ambiental*.
- Maskmato, F. (2012). *Plan de ordenamiento y manejo de la sub cuenca hidrográfica de los ríos Sambingo-hato viejo, municipios de Bolívar, Mercaderes y Florencia, departamento del Cauca*.
- Montoya A. (2010). *Utilización de un SIG para la determinación del impacto ambiental generado por actividades agrícolas, ganaderas e industriales: el caso del valle de Zapotitlán en la reserva de la biosfera de Tehuacán Cuicatlán*.
- Montoya R, García J. y Padilla J. (2012). *Utilización SIG para la determinación del impacto ambiental generado por actividades agrícolas, ganaderas e industriales: el caso del Valle de Zapotitlán en la reserva de la biosfera de Tehuacán Cuscatlán*.
- Naciones Unidas. (2000). *Manual de Sistemas de Información Geográfica*.
- Pérez A, Rivera M. (2012). *Determinación de la zonificación ambiental para las medidas de manejo ambiental del programa de prospección sísmica terrestre del bloque llanos 45 oeste 3d, a partir de un sistema de información geográfico – SIG*". Trabajo de grado.
- Perpiña et Al. (2012). *Multicriteria assessment in GIS environments for siting biomass plants*.
- Ramírez J, J. A. (2009). Documento de Discusión Nacional acerca de los Asuntos Claves en el Análisis del Sector Agricultura (Adaptación). CIAT, 15.
- Rivera H. y et al. (2012). *Zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en el estado de Tabasco, México*.

## ANEXOS

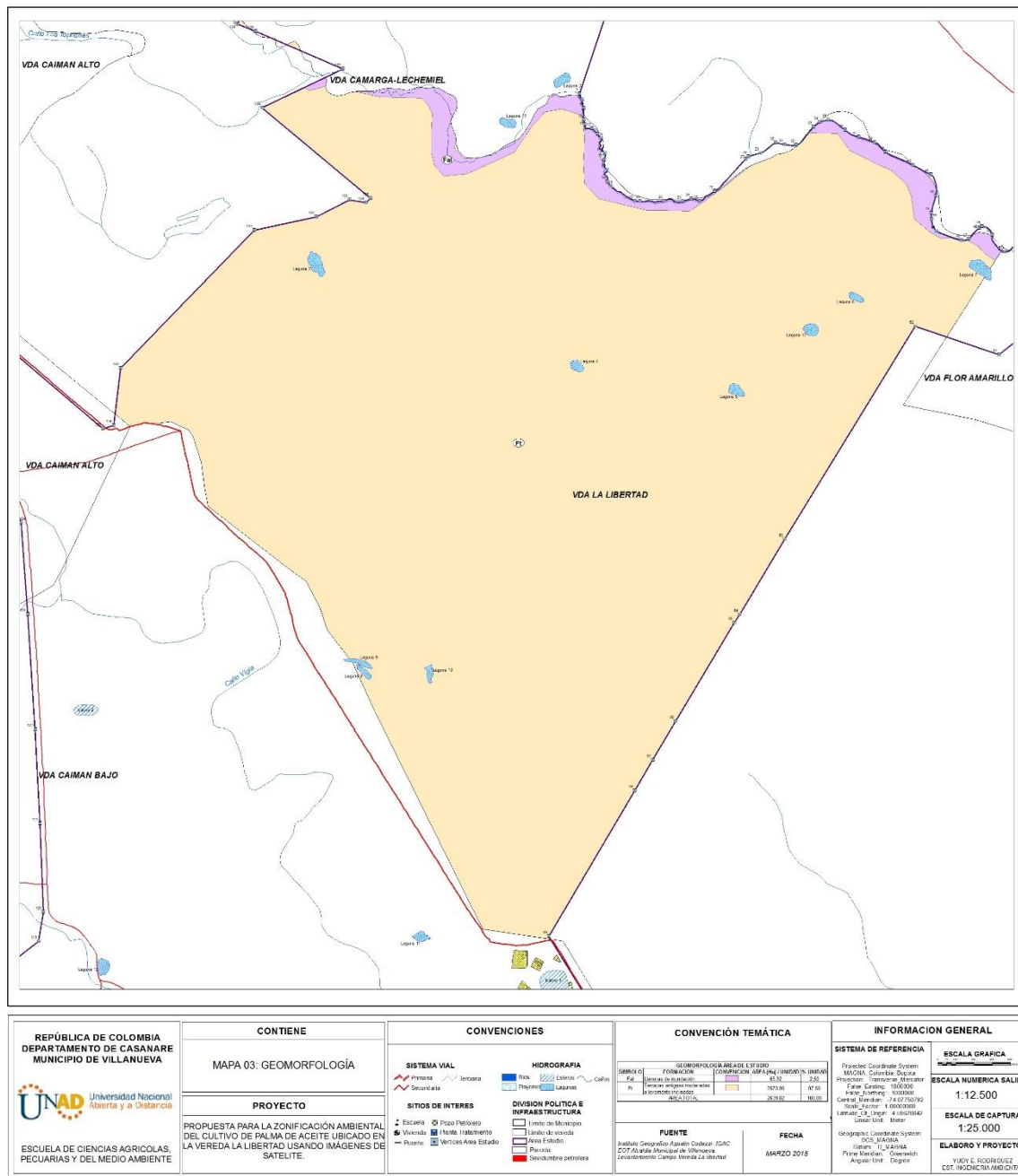
## Anexo 1. Mapa 1. Geología



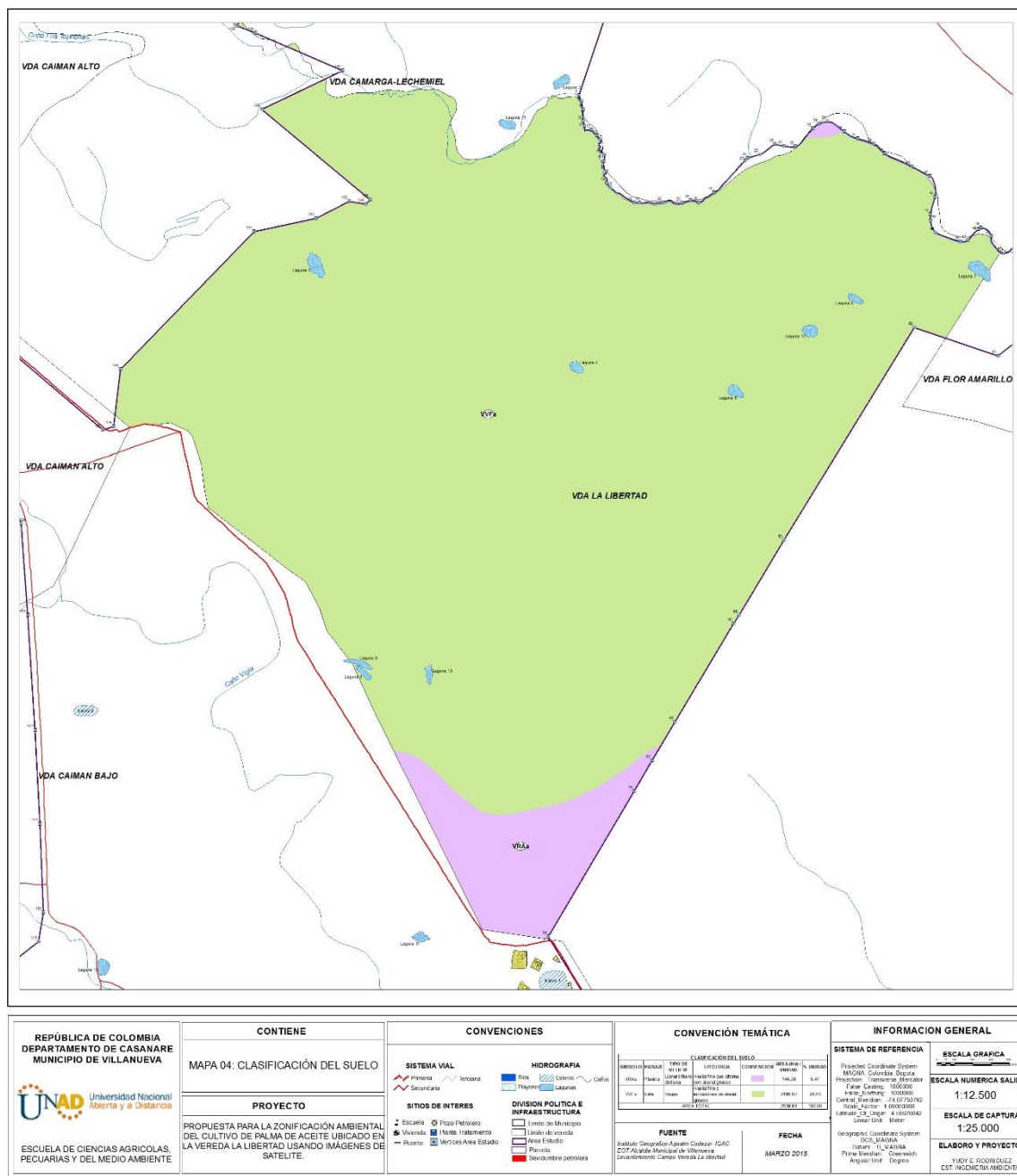
## Anexo 2. Mapa 2. Base Cartográfica



## Anexo 3. Mapa 3. Geomorfología

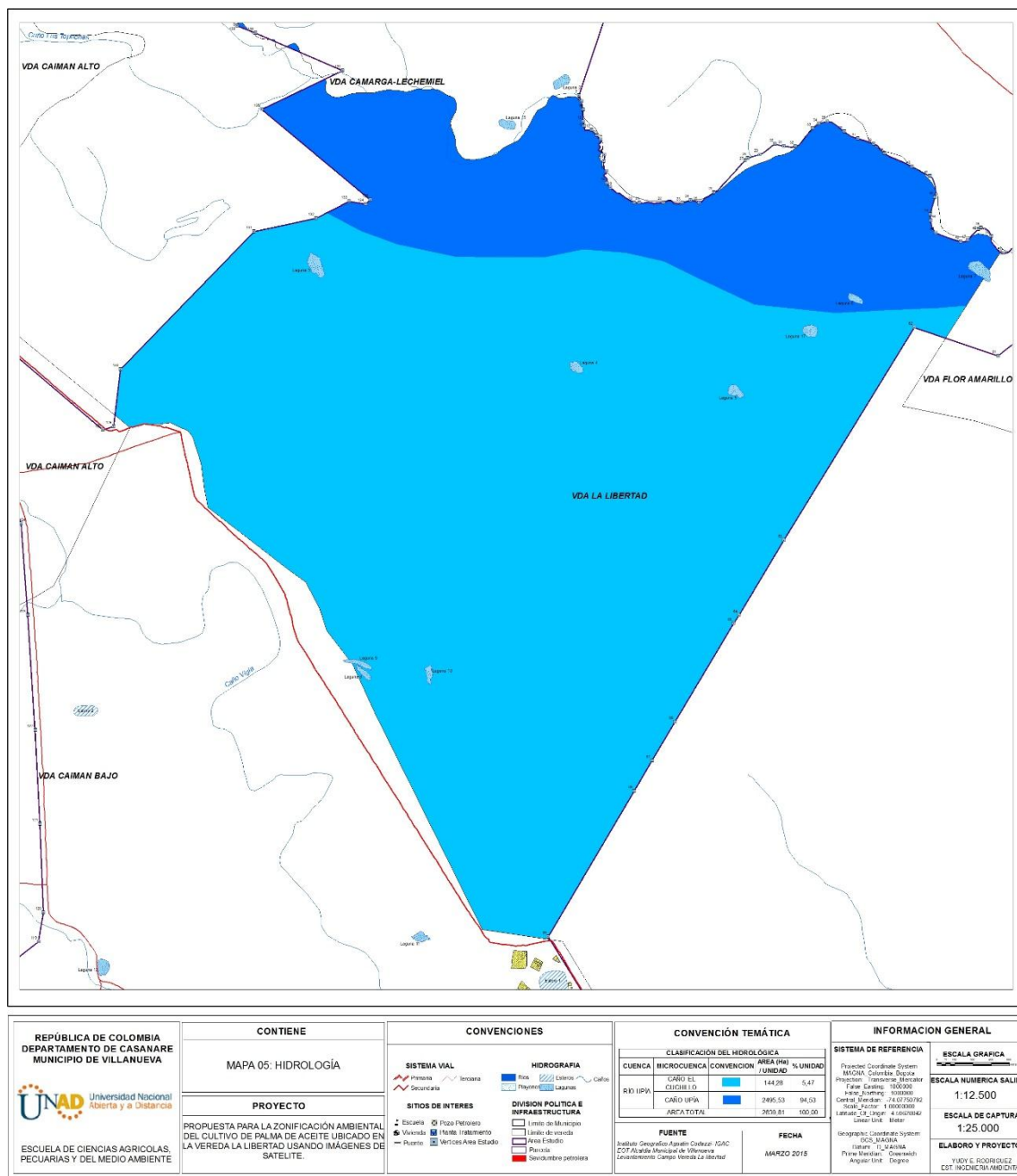


## Anexo 4. Mapa 4. Clasificación del Suelo

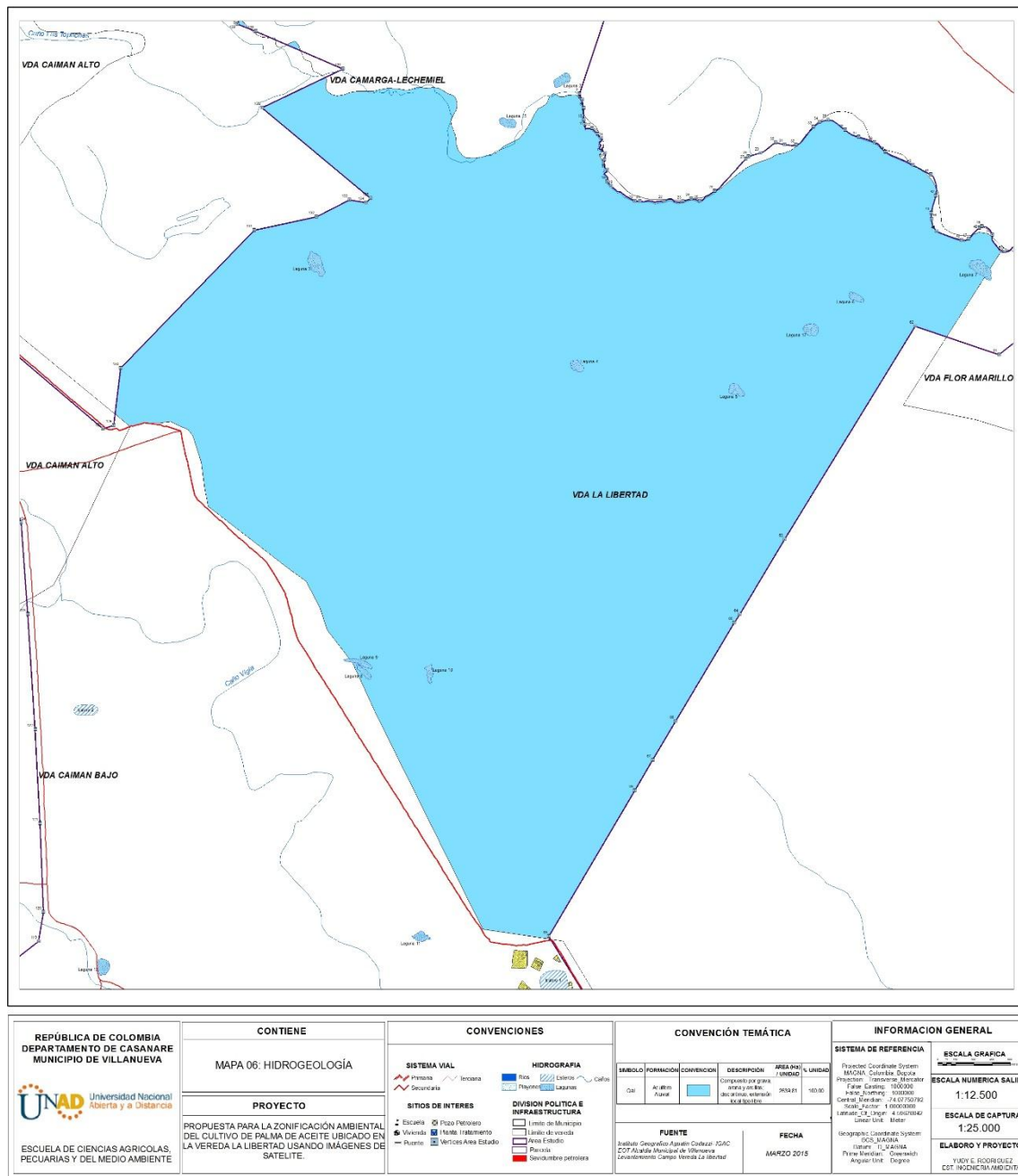




## Anexo 5. Mapa 5. Hidrología

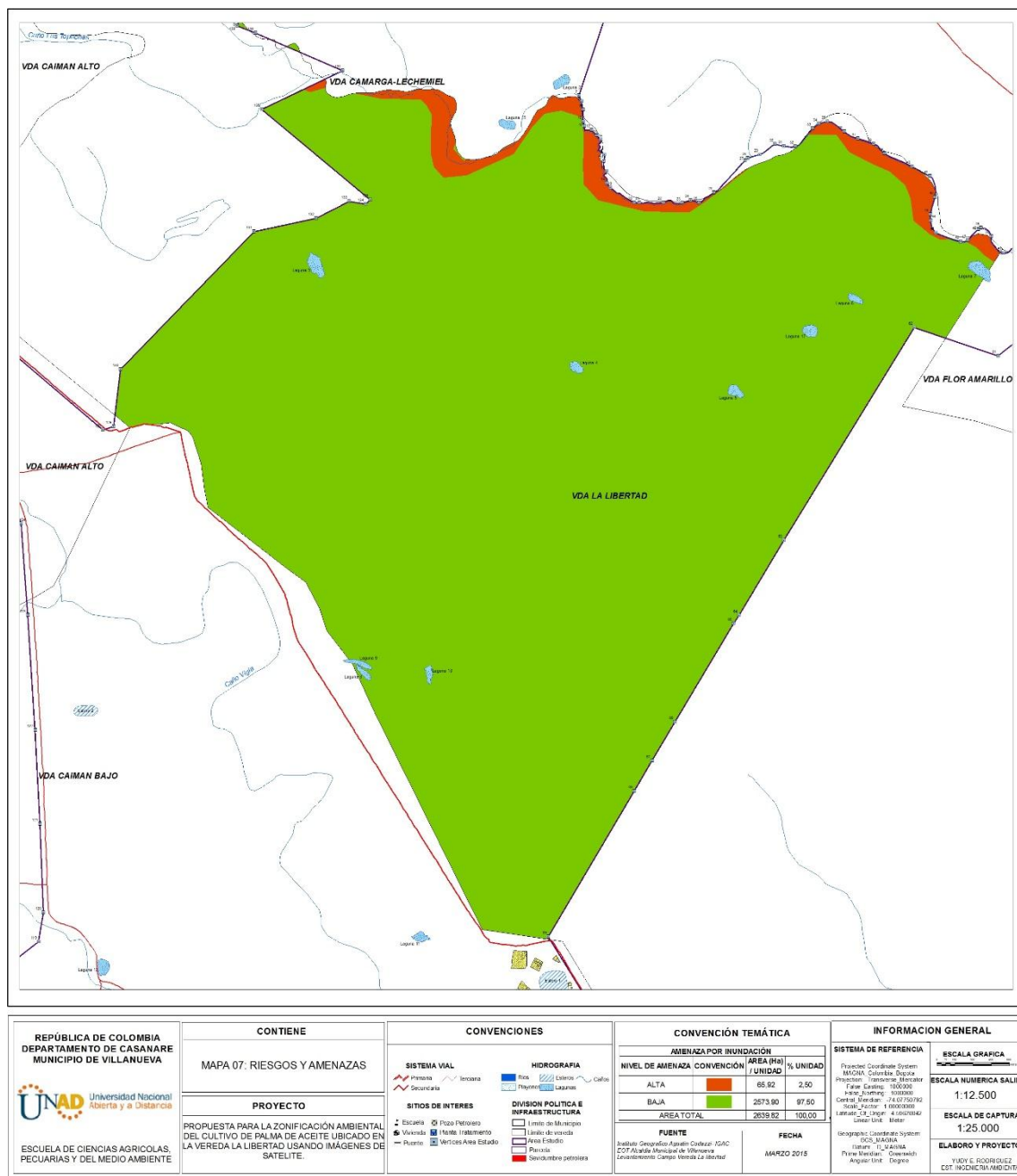


## Anexo 6. Mapa 6. Hidrogeología.

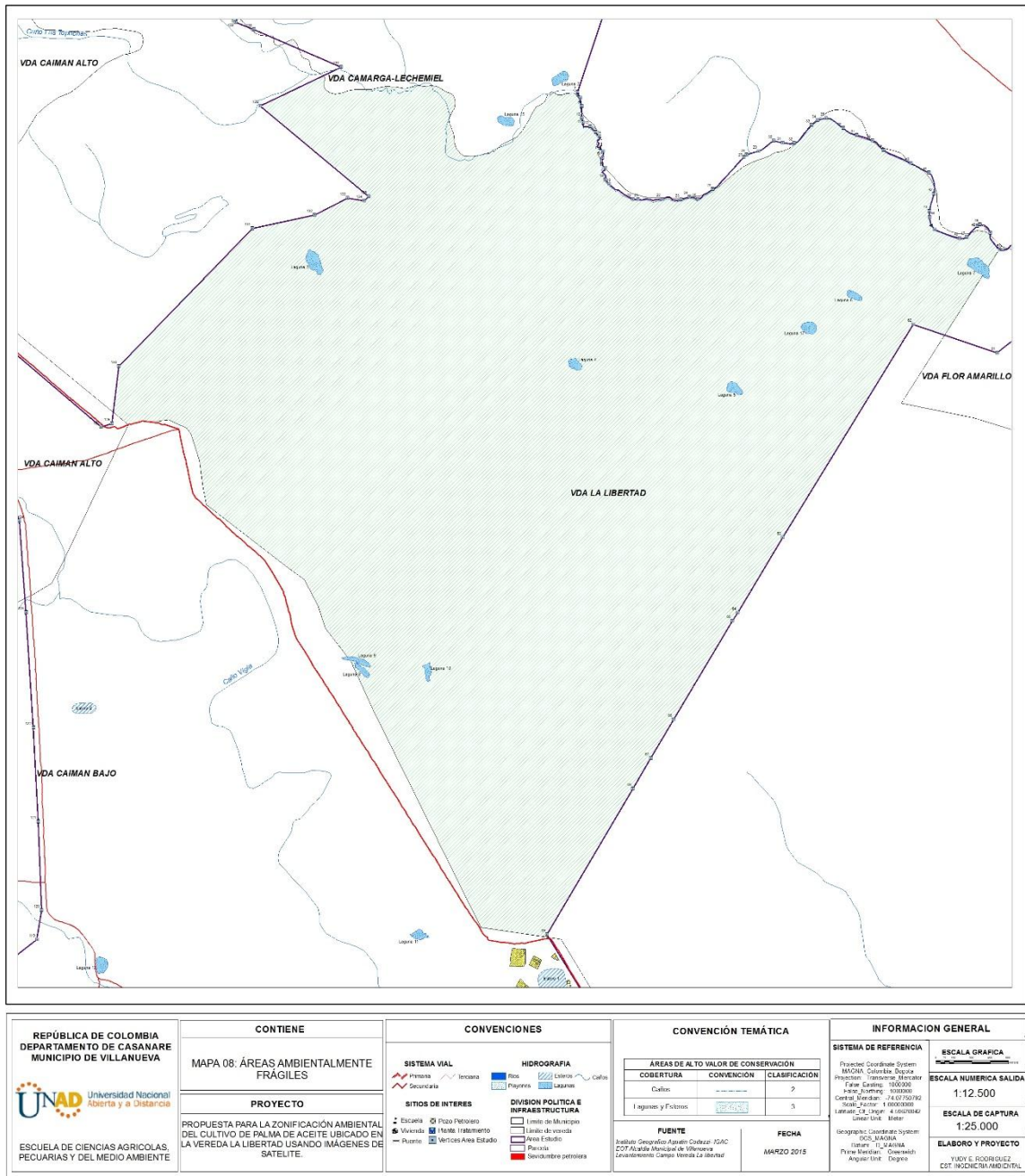




## Anexo 7. Mapa 7. Riesgos y Amenazas



Anexo 8. Mapa 8. Áreas Ambientalmente frágiles



## Anexo 9. Mapa 9. Ecología del Paisaje

